

**SA - 20**

*AUDIOPHIELE  
EINDVERSTERKER*

**KLINKEN IC'S ?**

**BUIZEN EN  
FET'S**

**A-15**

*VOORONTWERP  
KLASSE-A  
VERSTERKER*



## COLOFON

**Audio & Techniek**

**Postbus 748**

**3000 AS Rotterdam**

*medewerkers aan  
dit nummer*

Cas Bontebal

Eelco Grimm

Frits Savelkoul

John van der Sluis

**bestellingen**

**Audio & Techniek**

**uitsluitend via :**

Postrekening

**5474143**

t.n.v. J. v.d. Sluis

Rotterdam

Lay out gemaakt met :

**Atari ST**

programmatuur :

**1st Word Plus**

**Degas Deluxe**

**Timeworks**

met dank voor meet-  
faciliteiten aan :

**Chr. MTS**

Aleyda van Raep-  
horstlaan 45

3054 CR Rotterdam

tel. 010 - 4223454

# INHOUD

<b>HI FI &amp; MUZIEK</b>	<b>4</b>
over op- en misvattingen in de jungle van normen en begrippen	
<b>EINDVERSTERKER SA-20</b>	<b>7</b>
de complete beschrijving van een roemruchte klasse-A eindversterker	
<b>HI FI NIEUWS</b>	<b>15</b>
nieuwe produkten en ander nieuws	
<b>PHOCAS</b>	<b>17</b>
een bijzonder mens in audio	
<b>HI FI NIEUWS</b>	<b>19</b>
<b>IC'S IN HI FI</b>	<b>21</b>
kunnen IC's beter klinken ?	
<b>COMPACT DISC</b>	<b>26</b>
de huidige stand van zaken en een voorbespreking van de Akai CD-93	
<b>EINDVERSTERKER SA-15</b>	<b>30</b>
de ontwikkeling van de opvolger van de SA-10	
<b>NIEUWE COMPONENTEN</b>	<b>40</b>
electronische componenten	
<b>REDAKTIONEEL</b>	<b>41</b>
een verantwoording	
<b>LEVERINGSPROGRAMMA</b>	<b>42</b>
de leverbare kits en componenten van SK Electronics	
<b>BUIZEN</b>	<b>43</b>
nieuwe ontwikkelingen en buizentechniek en een inleiding tot een nieuwe eindversterker	
<b>CLASSIFIED</b>	<b>16,21</b>
kleine advertenties	
<b>LEZERSPOST</b>	<b>20</b>

**DR is de vierde druk !**

# HI FI EN MUZIEK

*Dit artikel is bedoeld om de lezer inzicht te geven in de huidige stand van zaken bij geluidswaer-gave in de huiskamer. Daarbij zal ik wellicht wat heilige huisjes intrappen maar hopelijk ook een aanzet geven om tot een groter genoegen te komen bij muziekbeleving. Hi Fi is een beladen begrip geworden waarbij de verwarring bijna dagelijks groter wordt. Voor velen is het een middel waar veel plezier aan beleefd wordt. Een goede geluidsinstallatie kan de kwaliteit van ons bestaan positief beïnvloeden. Omdat er aan Hi Fi geld verdiend wordt wordt de term echter ook gebruikt om ladingen te dekken die de vlag nauwelijks verdienen.*

Een inmiddels lange ervaring met allerlei installaties en eigen ontwerpen leidde tot hetgeen hier nu op papier staat. Het is daarbij onvermijdelijk dat ik daarbij mijn eigen gekleurde bril op heb. Mede op verzoek van anderen meen ik echter toch mijn ervaringen en mening op papier te moeten zetten.

## MUZIEK

Voor veel mensen is muziek een verrijking van het bestaan. Muziek kun je *ondergaan*. Je beleeft er emoties mee. Muziek kan je blij maken of verdrietig stemmen. De mate waarin dat gebeurt heeft te maken met de toonsoort, het ritme, de uitvoering en de plaats waar je dat beleeft. In een zaal kan een *gezamenlijke* emotie ontstaan die zeer verschilt van wat je thuis beleeft. Wat muziek in het algemeen veroorzaakt is een *emotionele* ervaring en de mate waarin een hi-fi-set kans ziet om je dat gevoel te bezorgen bepaalt de kwaliteit van die set.

Om die reden spreken we ook wel van een *muzikale geluidsinstallatie*. Een niet-muzikale installatie laat je minder genieten van de muziek. Er zijn mensen die dit niet begrijpen. Met een verkoopleider van een grote importeur heb ik daar een verschil van mening over gehad nadat ik in een recensie had geschreven dat een bepaalde combinatie "*niet muzikaal*" klonk. De goede man stelde dat hij een conservatorium opleiding had gehad en absoluut niet begreep wat ik bedoelde. Vervolgens had hij zijn (Japanse) fabriek aangeschreven en een Engelse vertaling van mijn stukje meegestuurd. Naar zijn zeggen begrepen ze er ook niets van. Hieruit blijkt nu dat er (nogal wat) onduidelijkheden zijn bij de weergave van muziek via een hi-fi-set. De meningen zijn verdeeld. Het aardige van muziek is dat het je meer plezier in je leven kan geven en het onaardige is dat sommige installaties dat bepaald niet doen. Iedereen die wel eens een *drie-in-een-* of goedkope *midi-set* heeft gehoord zal duidelijk zijn dat het begrip hi-fi, zoals dat ook op die sets is aangegeven, geen garantie is voor een plezierige geluids- en muziekbeleving.

Des te triester is het dat ook het Nederlandse cultuur ministerie en de daaronder ressorterende diensten dit niet goed begrijpen. Waar, naar mijn niet zo heel bescheiden mening, zo'n ministerie de zorg zou moeten hebben om de kwaliteit van ons bestaan te bewaken, gooien ze met het kind het badwater weg als ze de kwaliteit van de radiozenders ondergraven. Het Hilversumse muzikale behang, en ik bedoel niet de *soort* muziek maar de *geluidskwaliteit*, draagt er toe bij dat steeds minder mensen plezier aan muziek beleven en ook de toegankelijkheid van onbekende muzieksoorten wordt er minder mee. Schande! De toekomstige satelliet-radio belooft een kwaliteit die ligt beneden het niveau van de ouderwetse stoomradio (middengolf dus). Je vraagt je wel eens af.....

Muziek wordt gemaakt met instrumenten. In hoeverre zo'n instrument na reproductie lijkt op het origineel bepaalt het genoegen wat je er aan beleeft en dat lijkt me de enige juiste kwaliteitsnorm. We kunnen hier wel de kanttekening maken dat elektronische muziek en popmuziek hierbij een minder belangrijke rol spelen. Bij die muzieksoorten wordt juist van veel elektronica gebruik gemaakt om een effect in de huiskamer te bereiken.

Muziek is waar het om gaat en de beste vergelijking maak je door je een plaatsje in de concertzaal te bezorgen en naar akoestische instrumenten te luisteren. Je kunt ook een piano in je kamer bespelen, je kunt zelfs gewoon naar stemmen luisteren en vergelijken hoe natuurlijk dat via de hi-fi klinkt!

## DE HI-FI-NORM

Een van de kenmerken van de Westerse cultuur is dat we de dingen onderzoeken en "in detail" willen kunnen beschrijven. Daartoe bedenken we systemen, normen en begrippenstelsels, "modellen" etc.. Vanaf het eerste begin van elektronica proberen we wat er met een signaal gebeurt te omschrijven met begrippen als Volts, Amperes, deciBellen, Hertzen etc.. In de "Duitse Industrie Norm" DIN 45500 wordt omschreven aan welke eisen een apparaat moet voldoen om de term "Hi Fi" te mogen voeren. Na de stormachtige ontwikkeling van elektronica in de 60-er en 70-er jaren voldoet vrijwel alle apparatuur aan die vastgelegde norm. Er zijn echter nogal wat verschillen en de DIN-norm zou je als achterhaald kunnen beschouwen. Intussen zijn er, voornamelijk in de V.S., wat toevoegingen ontstaan en er zijn nieuwe meetmethoden ontwikkeld om een nog meer gedetailleerde beschrijving van een apparaat te kunnen geven.

Inmiddels staat U als eenvoudige luisteraar in de winkel en wordt overdonderd met specificaties, waarbij veel onbegrijpelijk en onbegrepen blijft. In de diverse tijdschriften is het niet anders. Vooral de Duitstalige publika-

ties blinken uit door het opsommen van meetgegevens en daaraan verbonden conclusies.

We zitten hier echter met twee duidelijke problemen. Ten eerste omschrijven we wat we subjectief horen met "globale" termen. We spreken van "vriendelijk", "gedetailleerd", "agressief" geluid etc.. Het horen is ook een "globaal" proces. Hiervoor werd al gesteld dat we uit verschillende "details" een "model" samenstellen. Voor een exacte wetenschapper en/of technicus is een globale benadering niet goed mogelijk.

Het tweede probleem is dat we nog maar sinds kort weten dat we niet goed weten hoe het gehoor werkt. Zoals verderop zal blijken is dit inderdaad zo dramatisch als het klinkt. Enig drama is mij niet vreemd en ik denk dat het de zaak mede boeiend maakt.

Een gevolg van een en ander is dat er twee duidelijk te omschrijven kampen zijn die zich in hun respectievelijke loopgraven verschanst hebben. De ene groep klemt zich (schier wanhopig) vast aan "meetbare" waarden en stoelt zijn oordeel uitsluitend op die meetgegevens. Een 500 Watt versterker met een bandbreedte van 0 Hz tot 100 kHz en een vervorming van 0,0001 % klinkt beter dan een 6 Watt versterker met beperkte bandbreedte en een vervorming van 1 %.

Het tweede kamp gaat zuiver subjectief te werk en beoordeelt een hi-fi produkt uitsluitend op de subjectieve gehoormatige waarneming. Dus een versterker klinkt "transparant, doortekend, gedetailleerd, ruimtelijk, muzikaal" etc.. Dat kan bijvoorbeeld gelden voor de eerder genoemde 6 Watt versterker van het Franse tijdschrift "l'Audiophile" : "**Le Monstre**".

Mijns inziens is voor beide standpunten wat te zeggen, echter een goede benadering is een combinatie van beide. Daarbij mag het "globale" aspect niet vergeten worden en dat houdt ook in dat de muziekbeleving voor iedereen verschillend is. Uw voorkeur hoeft niet de mijne te zijn. Het is bijv. heel begrijpelijk als U van "boem-sis" geluid houdt. Als dat zo is doet U misschien een ander een plezier met dit boekje.

Een ding is duidelijk, het begrip "Hi Fi" dekt de lading niet!

## "HOUTEN" VERSTERKERS

Zoals iedereen weet is het versterken van geluid heel belangrijk. Onversterkt geluid is in sommige gevallen zelfs niet te horen. Een proefje toont dat aan : Men kope de goedkoopste vioolsnaar. Neem die mee naar huis. Zet een tweede persoon op enige meters afstand en speel op de snaar. Dat is dus "puur natuurlijk" geluid, zoals een bekend fabrikant van "Compact Fris" adverteert. Met een versterker er bij gaat het beter. Enige tijd geleden is daar een hele mooie versterker voor gemaakt door een meneer Stradivarius. Dat was echter een "houten" versterker en in onze moderne tijd horen we daar niet veel meer over. Voor alle duidelijkheid: Stradivarius was een vioolbouwer. Het aardige is dat hij een viool bouwde volgens de "Gulden Snede". Dit nu is een natuurlijke verhouding die resulteert in een

getallenreeks. Door hiervan gebruik te maken ontstond een instrument met karakteristieke eigenschappen die aangenaam in het gehoor liggen.

De Gulden Snede werd wel meer toegepast bij het bouwen van instrumenten, bijvoorbeeld bij sommige orgelpijpen uit de Barok-tijd. Andere voorbeelden van de Gulden Snede zijn maatvoeringen voor bouwwerken, papierformaten (DIN A-4) en ook wel sommige luidsprekers (de "PIJP" van Peter van Willenswaard).<sup>1</sup>

De eerste platenspelers hadden ook een "houten" versterker, nota bene zonder cross-over-vertorming. Waar het nu om gaat is dat we niet moeten vergeten dat er verschillende mogelijkheden zijn om tot hetzelfde doel te komen. Je kunt een houten of een ijzeren versterker maken. Het is ook wel mogelijk daar elektronica voor te gebruiken. Bij dit laatste heb je dan weer de keus uit een aantal versterkende elementen, zoals buizen, transistoren, fet's, IC's (operationele versterkers). Al die varianten, dus ook die houten .... dat houd ik staande, hebben hun eigen specifieke voor- en nadelen. Een ideale hi-fi-installatie bestaat niet. We kunnen wel trachten het muzieksignaal zo goed mogelijk te verwerken, daarbij niet uit het oog verliezend dat de eigenschappen van het gehoor en in tweede instantie van het individu uiteindelijk bepalen hoeveel plezier er te beleven valt.

Na een eerdere publikatie (RB 1978) van mijn hand waarin een verband werd gelegd tussen de "Gulden Snede" en een luidsprekerontwerp volgde een reactie van een bekende Nederlandse scribent waarin hij stelde dat PvW en ik "Baghwan adepten" zouden zijn. Naar ik meen hadden ontwerpers uit de middeleeuwen en de Barok-tijd een meer globale benadering bij technische kwesties. Nu, tien jaar na de vorige publikatie, zie ik nog steeds niet in wat er mis is met de bijna vergeten technieken uit vroeger eeuwen. Bovendien kan iedereen die oplet zien wat voor gevolgen de toepassing van de GS had voor de stedenbouw tot aan de 2e wereldoorlog, respectievelijk het verlaten van die methode in de periode daarna. Let eens op de maatvoering van ramen, deuren en ook wel hele gebouwen!

## Akoestiek

Bij geluidswaergave speelt ook de akoestiek van de kamer een grote rol. Door een gewenningsproces "wen" je aan het geluid in je eigen ruimte. Een kamer met veel glas en harde wanden, vloer en plafond zal het geluid veelvuldig reflektoren en daarom een hard en hol galmend geluid tot gevolg hebben. Een in de winkel goed klinkende geluidsinstallatie geeft dan meestal een teleurstellend resultaat in zo'n kamer. Een voordeel kan wel zijn dat je minder "vermogen" nodig hebt om een gewenst geluidsniveau te bereiken. Een kamer met veel "damping" of absorberende oppervlakken zal zacht en vriendelijk klinken en je hebt (veel) meer vermogen nodig om het gewenste niveau te bereiken. Het is ook van belang waar de luidsprekers geplaatst worden.

Je kunt gebruik maken van de akoestische eigenschap-

pen van een ruimte om extra bas te krijgen. Een luidspreker die tegen een wand staat geeft meer bas dan wanneer hij vrij staat opgesteld.

Wanneer je een luidspreker in de hoek zet wordt de basweergave extreem. Bij sommige luidspreker systemen wordt daar gebruik van gemaakt, echter de meeste "goede" luidsprekers klinken beter als ze niet tegen de wand of in de hoek staan.

## Het Gehoor

Voor een goed begrip van de geluidswaarneming dienen we in de eerste plaats te kijken naar hoe het gehoor werkt. In het verleden werd er van uitgegaan dat je met je gehoororgaan geluidstrillingen kunt onderscheiden in frequentie en amplitude. Het geluid komt via de oorschelp en de gehoorgang bij het trommelvlies. Daar worden de luchtrillingen omgezet in mechanische trillingen. Vanaf het trommelvlies worden die trillingen mechanisch overgebracht via hamer, aambeeld en stijgbeugel op het ovale venster. Dit ovale venster is te beschouwen als de ingang van de Cochlea ofwel het slakkenhuis. De trillingen van het ovale venster worden via de vloeistof (lymphe) in het slakkenhuis overgebracht op het basilair membraan. Dit nu vormt de afsluiting van het orgaan van Corti. Daarin bevinden zich haarcellen die, als ze aangestoten worden, impulsen afgeven aan de gehoorzenuwen. Het basilair membraan varieert in dikte en stijfheid. Bij het ovale venster is het smal en stijf, terwijl het naar het andere einde toe breed en slap wordt. Hoge frequenties (tonen) zetten uitsluitend het begin van dit membraan in beweging terwijl lage tonen een grotere uitslag aan het eind veroorzaken. Dit nu leidde tot de veronderstelling dat op deze plek een frequentie analyse zou plaats vinden. We zouden dus de ene toon van de andere kunnen onderscheiden doordat voor verschillende tonen verschillende gehoorzenuwen in actie komen. Sinds kort weten we dat dit slechts gedeeltelijk waar is. Het mechanisch-fysische filter in het orgaan van Corti is veel te breed om uitsluitend daaruit een toon te kunnen herkennen.

Een recente theorie gaat er van uit dat na het grove filter van het binnenoer er nog een analyse plaats vindt. Uit het perceptie-onderzoek weten we dat de mens in staat is om na twee volledige sinussen een toon te herkennen. Dit nu kan uitsluitend verklaard worden doordat er een "tijd-analyse" plaats vindt. Dat moet dan een hersenfunctie zijn en geen functie van het binnenoer. Ook een andere proef toont dit aan :

*Een monorale ruisbron wordt gesplitst in twee kanalen. Een kanaal wordt voorzien van een (regelbare) vertragingstijd. Indien nu de twee kanalen worden verbonden met een hoofdtelefoon dan kunnen we een toon horen die overeenkomt met de vertragingstijd. Bijv. 1 milliseconde is 1 kHz. Luistert men naar een van beide oorschelpen dan hoort men slechts de ruis. De toon is dus niet fysiek aanwezig maar men herkent de tijdsvertraging als toon.*

Er van uitgaand dat het voorgaande klopt, echt

aantonen kunnen we dit niet omdat hersenfuncties niet goed meetbaar zijn, dan kunnen we ook stellen dat er bij audio-elektronica ten minste een extra factor een belangrijke rol speelt : *T.I.J.D.*

Bovendien verklaart dit, minstens ten dele, waarom er vaak aanzienlijke kwaliteits verschillen tussen versterkers te beluisteren vallen, terwijl dat uit de specificaties niet blijkt.

Het perceptie onderzoek heeft nog meer belangwekkende zaken boven water gekregen:

-Het menselijk gehoor is in staat om signalen *onder* het ruisniveau te herkennen.

-De herkenning van een instrument berust grotendeels op de *omhullende* of de *voortlank* van een signaal. Daarom is de *stijgtijd* van de elektronica van groot belang.

-Een grondtoon kunnen we reconstrueren uit de bovenliggende harmonischen. Dat doen we dus als de grondtoon er fysiek niet is zoals bij de weergave van draagbare radio's of kleine luidsprekers. De bas *denken* we er dan bij. (Dat heeft wel tot gevolg dat onze hersenen meer arbeid moeten verrichten, hetgeen weer leidt tot luistermoeheid)

Voorlopig kunnen we hier vaststellen dat de uitgangspunten die men in het algemeen hanteert voor het ontwerpen van hi-fi-apparatuur onvoldoende zijn. Men gaat veelal uit van vooronderstellingen die onjuist zijn. Ook dienen we ons te realiseren dat veel zaken nog onbekend zijn en dat het misschien nog lang duurt voordat we (meer) exact weten in welke verhouding deelaspecten tot elkaar staan voor de subjectieve (plezierige) gehoorssensatie. Hiermee wil ik zeggen dat we niet weten hoe groot het aandeel van de geluidsdruk of het vervormingspercentage of een andere factor is voor een als *goed* ervaren geluidswaarneming.

## De Bronnen

Het verhaal van goed geluid begint bij de oorspronkelijke uitvoering. Een goede uitvoering van een muziekstuk in een goede akoestische omgeving levert uiteindelijk een beter geluidsbeeld in de huiskamer op dan wanneer die condities minder goed zijn. Indien bijvoorbeeld een viool in een orkest niet zuiver speelt dan lijkt het alsof het geluid vervormt. Als de akoestiek hard is dan wordt het geluid onnatuurlijk en dan wordt het bijv. onmogelijk om instrumenten bij de reproductie te "plaatsen". Als de akoestiek zacht of afwezig is (zoals in een studio) dan moet de opnametechnicus er iets aan toevoegen om het (in zijn oren!) nog ergens op te laten lijken. Meestal gaat met het badwater het kind overboord; de *levendigheid* of *muzikaliteit* gaat er af.

Als de condities goed zijn dan wordt het een kwestie van microfoon opstelling of dat later in de huiskamer ook nog zo klinkt. Hoe minder microfoons hoe beter de fase- en tijdsrelaties in de hand gehouden worden. Vaak moeten er steunmicrofoons gebruikt worden om ook zacht klinkende instrumenten bij de weergave hoorbaar te maken.

# SA-20

## CLASS-A POWER AMPLIFIER

*De nieuwe SA-20 is een voortzetting van onze klasse-A lijn van hoogwaardige audio versterkers.*

Bij het ontwerp werd uitgegaan van de volgende ontwerpvoorwaarden :

1. zo weinig mogelijk componenten
2. zware voeding met optie voor nog strakker geluid
3. zover mogelijk klasse-A zonder overmaat van temperatuurverhoging
4. uitsluitend betrouwbare en "goed klinkende" componenten
5. extra dikke printbanen
6. Mogelijkheid om zowel mono als stereo te bouwen

Ondanks de hoge eisen die we aan het ontwerp stelden is de prijs relatief laag gebleven. Dat komt vooral door de eenvoud van de schakeling. We hadden een goede reden om het eenvoudig te houden:

*iedere component in een audio-keten is hoorbaar !*

Het resultaat laat zich vergelijken met veel "HIGH END" producten. Er komt ruim voldoende vermogen uit voor huiskamergebruik en ook met bijzondere luidsprekers zijn er geen problemen te verwachten. De versterker stuurt zelfs impedanties van 1,5 Ohm met gemak aan. Het meest opvallend is de rust waarmee het geluid gereproduceerd wordt. Dat heeft alles te maken met de klasse-A instelling.

### Zelfbouw

De versterker kan stereo gebouwd worden. D.w.z. dat twee kanalen uit een voeding gevoed worden. We raden U echter dringend aan om

ondanks het prijsverschil de versterker als monoblok te bouwen. Ieder kanaal krijgt dan zijn eigen voeding en zowel de kanaalscheiding als de impulsverwerking zijn dan optimaal.

De zelfbouw is uiterst eenvoudig. De set wordt geleverd met printplaten met duidelijke opdruk. U hoeft slechts de componenten in te steken en vast te solderen.

Er moet wel precies gewerkt worden en vooral de montage van de eindtransistoren vraagt enige aandacht. Na de printmontage kunnen de prints en de trafo op een chassis gemonteerd worden. Daarna volgt de bedrading en tenslotte een simpele afregeling. Daarna kan er geluisterd worden.

Het is wel zo dat de set pas optimaal klinkt na enige weken aangestaan te hebben. En ook daarna heeft men pas een optimaal luisterresultaat indien de versterker voor de luistersessie enige tijd in klasse-A heeft gestaan.

De zelfbouw is probleemloos en binnen enkele uren kunt U luisteren naar één van de mooiste transistor versterkers ooit bedacht! Veel succes!

### Voorzorgen

Voordat U met de bouw begint moet U het geleverde goed controleren. Het sorteren van de componenten en ook het inpakken is mensenwerk.

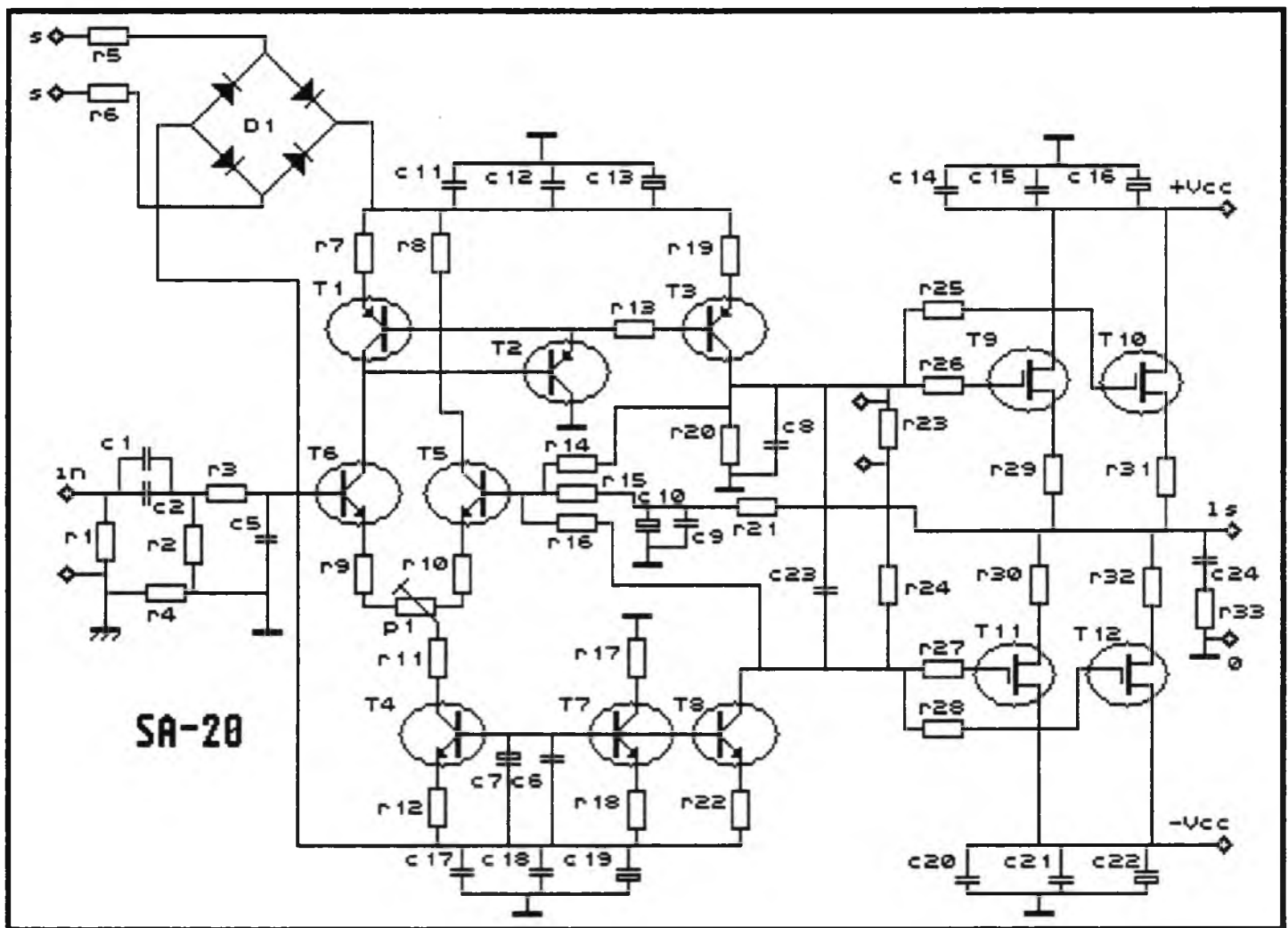
Mocht er iets ontbreken waarschuw dan onmiddellijk en we zullen U per omgaande het ontbrekende opsturen.

### De elektronische schakeling

In figuur 1 ziet U het schema van de versterker. De versterker is zoveel mogelijk symmetrisch gehouden. De schakeling wordt gevoed door een positieve en een negatieve voedingsspanning. Hierdoor kon de versterker geheel gelijkstroom gekoppeld worden. In de signaalweg vinden we uitsluitend de condensatoren C1 en C2. Condensatoren vormen gehoormatig het grootste probleem in audio elektronica en ook hier geldt "Voorkomen is beter dan genezen". In het DC-tegenkoppelnets vinden we nog de condensatoren C9 en C10, die indirect ook de geluidskwaliteit beïnvloeden.

De voeding is gescheiden voor de spannings- en de stroomversterker. De spanningsversterker wordt gevoed uit een tweede bruggelijkrichter en aparte ontkoppelco's. Dit voorkomt dat bij extreme piekbelastingen de instelling van de spanningsversterker verloopt. Alle voedingspunten zijn ontkoppeld door een parallel-schakeling van drie condensatoren, een elco, een grote en een kleine condensator. Op die wijze wordt een kleine verliesfactor en een lage impedantie gerealiseerd in alle frequentiegebieden.

In figuur 2 is de transformator en de voedingsprint V-20 te zien. De door ons geleverde transformator levert 175 Watt per kanaal. Na de gelijkrichter volgt de afvlakking met speciale elco's, die hun gehoormatige kwaliteit bewezen hebben. Merk op dat zowel op de V-20 printplaat als op de printplaat SA-20 de voeding extra ontkoppeld is!



SA-20

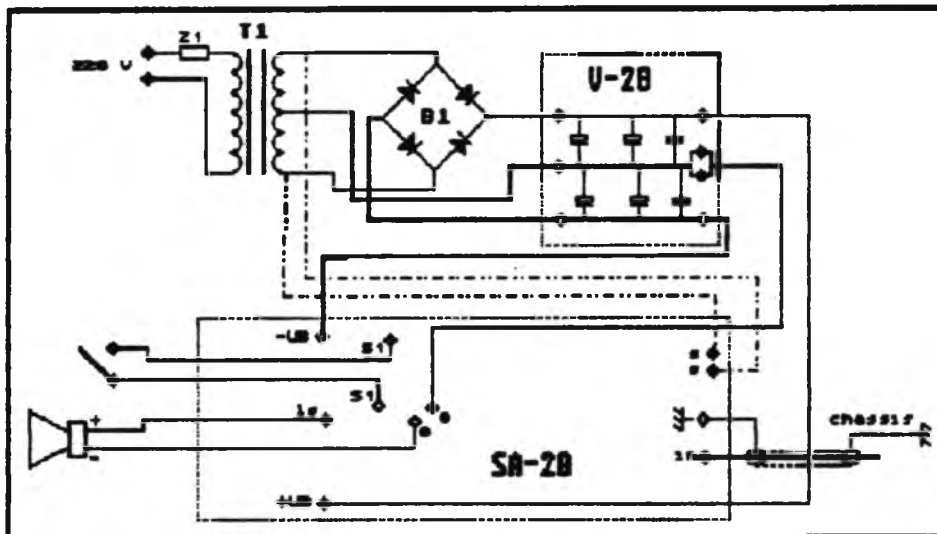
Figuur 1 De schakeling van de eindversterker

Terugkerend naar figuur 1 gaan we nu de verdere schakeling bespreken. Aan de ingang wordt een laag-kantelpunt gevormd door de RC-combinatie R2, C1 en C2. Het kantelpunt ligt op omstreeks 5Hz en voorkomt dat een (onbekende) bron gelijkspanning in de versterker stuurt (en vervolgens versterkt naar de luidspreker voert). Een tweede kantelpunt, nu echter hoog-af, wordt gevormd door R3 en C5. Dit moet voorkomen dat te snelle signalen verwerkt moeten worden. In dat geval kan de ingangsversterker gaan "slewen" en ontstaat Transient Intermodulatie Vervorming (TIM).<sup>1</sup>

1] Zie ook artikelen over TIM in RB 1978-80 resp. RE 1978-80 door Peter van Willenswaard en John van der Sluis.

**AUDIO**  
**&**  
**TECHNIEK**  
 Het blad voor de  
 audio hobbyist





**FIGUUR 2 : VOEDING V-20  
en aansluiting aan de eindversterker SA-20**

De ingangsversterker wordt gevormd door de differentiaal configuratie van T5 en T6. Een differentiaal versterker onderdrukt "common mode" verschijnselen, d.w.z. dat eventuele storingen op de voedingslijn (bijv. uit het lichtnet) in mindere mate doorgelaten worden. De schakeling is niet ideaal, echter "mooiere" schakelingen vergen meer transistoren en ook hier kozen we voor minder. Dat introduceert weliswaar enige vervorming, maar dat blijft toch binnen aanvaardbare grenzen. De stroom door de differentiaal wordt bepaald door T4 en T7 en is ingesteld op 2 mA, dus 1 mA per transistor. Daarmee wordt een goed compromis gesloten tussen ruis-afstand en ingangsimpedantie.<sup>2</sup>

[2] Zie ook artikelen "RUIS" in *Audio & Techniek 1982-83* door Peter van Willemswaard.

## ONDERDELENLIJST SA-20

### weerstanden :

R 1 = 475 K  
R 2 = 100 K  
R 3 = 10 K 5  
R 4 = 10 Ohm  
R 5 = 10 Ohm - 1 W  
R 6 = 10 Ohm - 1 W  
R 7 = 1,58 K  
R 8 = 301 Ohm  
R 9 = 47,5 Ohm  
R 10 = 47,5 Ohm  
R 11 = 100 Ohm  
R 12 = 374 Ohm  
R 13 = 10 Ohm  
R 14 = 33,2 K  
R 15 = 549 Ohm  
R 16 = 33,2 K  
R 17 = 10 K  
R 18 = 374 Ohm  
R 19 = 80,6 Ohm  
R 20 = 5,62 K  
R 21 = 10 K  
R 22 = 71,5 Ohm  
R 23 = 47,5 Ohm  
R 24 = 100 Ohm  
R 25 = 475 Ohm  
R 26 = 475 Ohm  
R 27 = 475 Ohm

R 28 = 475 Ohm  
R 29 = 0,1 Ohm - 2 W  
R 30 = 0,1 Ohm - 2 W  
R 31 = 0,1 Ohm - 2 W  
R 32 = 0,1 Ohm - 2 W  
R 33 = 10 Ohm

P 1 = 100 Ohm Cermet Instel

### condensatoren :

C 1 = 3,3 uF  
C 2 = 10 nF  
C 3 = vervallen  
C 4 = vervallen  
C 5 = 120 pF  
C 6 = 0,1 uF  
C 7 = 47 uF  
C 8 = 560 pF  
C 9 = 1 uF  
C 10 = 47 uF  
C 11 = 1 uF  
C 12 = 0,1 uF  
C 13 = 2200 uF  
C 14 = 1 uF  
C 15 = 0,1 uF  
C 16 = 220 uF  
C 17 = 1 uF  
C 18 = 0,1 uF  
C 19 = 2200 uF  
C 20 = 1 uF

C 21 = 0,1 uF  
C 22 = 220 uF  
C 23 = 0,1 uF  
C 24 = 0,1 uF

### halfgeleiders :

T 1 + 2 = BC 560  
T 4,5,6 + 7 = BC 550  
T 3 = BD 140  
T 8 = BD 139  
T 9 + 10 = 2 SK 135  
T 11 + 12 = 2 SJ 50  
D 1 = Brug 100 V - 1 A

### VOEDING V-20 :

T 1 = Trafo 2 X 25 Volt - 175 VA  
Z = zekering 2 Amp. traag  
B = brug 100 V - 25 A  
C 5 + 6 = 10.000 uF - 40 V  
C 3 + 4 = 10.000 uF - 40 V  
C 1 + 2 = 0,1 uF

N.B. C5 en C6 zijn optioneel.

De instelpotentiometer P1 dient om de ingangstrap goed in balans te zetten en de uitgang van de versterker op 0 Volt af te regelen. T4 en T7 vormen een zgn. "stroomspegel". De stroom wordt bepaald door R17. De weerstanden R12 en R18 lineariseren de werking van de spiegel en uit T4 komt nu de stroom die we met R17 in T7 gestopt hebben.

De transistor T6 stuurt de stroomspegel T1 met T3 aan. T3 is een medium power transistor. De stroom in T3 wordt bepaald door de verhouding van R7 tot R19 en bedraagt omstreeks 10 mA. Daar T6 niet voldoende basisstroom voor T3 kan leveren is een extra transistor T2 opgenomen, die als emittervolger geschakeld is.

Aan de onderzijde zien we de complementaire medium power transistor T8. Hierin wordt de stroom bepaald door de verhouding R18 tot R22. Merk op dat de basis ontkoppeld is voor wisselspanning met C6 en C7!

T3 en T8 zijn met elkaar verbonden via R23 en R24. Over die weerstanden valt de instelspanning voor de eindtransistoren. Vanaf de collectoren van T3 en T8 wordt zowel voor DC als voor AC tegengekoppeld naar T5 middels R14 en R16. De gesloten-lus versterking wordt nu bepaald door R14, 15 en 16. De versterking van T3 wordt bepaald door de verhouding van R19 met R20. Parallel aan R20 staat C8. Deze condensator vormt een extra kantelpunt op omstreeks 80 kHz. Luidsprekers vormen niet alleen een resistieve maar ook een inductieve en capacatieve belasting. Hierdoor wordt fase draaling geïntroduceerd in de stroomversterker. Door terugwerking kan dit de spanningsversterker beïnvloeden. C8 voorkomt dit effect in hoge mate.

Na T3 en T8 volgt de stroomversterker. Hierin zijn 4 vermogensfet's als source-follower geschakeld. De source-weerstanden R29 t/m R32 zorgen er voor dat kleine verschillen in de fet's uitgemiddeld worden. Indien bijv. de gate-source drempel van T9 lager is dan van T10 dan zal in T9 een grotere stroom lopen. De source-weerstand vormt een lokale tegenkoppeling. In theorie is het mogelijk om zonder source-weerstanden te

schakelen. Dat heeft het voordeel dat de Ri van de versterker lager wordt. Het gevaar bestaat dan echter dat bij extreme onderlinge afwijkingen beide transistoren in rook opgaan.

Tenslotte vormt de combinatie C24 met R33 een zgn. "Zobel" netwerk. Ook dit dient om instabiliteit bij moeilijke belastingen te voorkomen.

## Montage van de printplaat SA-20

Bij alle montage geldt: eerst knippen daarna solderen. De montage van bijv. weerstanden gaat dan als volgt. Bulg eerst de draadeindjes haaks om. Steek de draadjes door de printplaat tot de weerstand tegen de printplaat rust. Bulg nu aan de koperzijde de draadjes naar buiten (van elkaar af). Knip eerst een draadeindje af en soldeer dat, daarna het andere. Deze montagewijze geldt voor alle componenten.

1. Maak eerst een draadverbinding naast C 18. Dit is aangegeven met een wit streepje.

2. Monteer nu alle kleine weerstanden. Denk er om bij het monteren dat U de componenten eerst afknijpt en pas daarna soldeert.

N.B. De weerstand R4 kan vervangen worden door een draadbrug indien U monoblokken maakt!

3. Plaats de printpennen zoals ook in figuur 2 is aangegeven. Tik ze goed klem door de print met een hamertje (op een zachte ondergrond) en soldeer ze vast.

4. Plaats nu alle plastic transistoren. Houdt de onderzijde van de transistoren 5 mm boven de printplaat.

5. Plaats de medium power transistoren. Het metalen vlakje dient overeen te komen met het dikke witte streepje op de printplaat.

6. Plaats de grote elco's van 2200 uF in het midden. Denk er aan dat ze gepolariseerd zijn. Plus komt overeen met (+) en min met (-).

7. Plaats nu de gewone condensatoren.

8. Plaats de overige elco's.

## Montage voedingsprint V-20

Bij de montage van de grote elco's dient U goed op te letten dat de pennetjes goed in de gaatjes komen. Bulg ze met een punttang in de goede richting tot U zeker bent dat ze alle vier er tegelijk ingaan.

### Forceer niets!

Plaats eerst de printpennen en daarna de elco's en condensatoren.

## Eerste montage

Voor U de eindtransistoren monteert kan het nuttig zijn de zover gemonteerde schakeling eerst te meten. Daartoe kan de definitieve kast dienen. U kunt een kant-en-klare kast nemen of er zelf een maken. Zorg er in ieder geval voor dat het koellichaam **buiten** de kast komt. De temperatuurverhoging die het gevolg is van de klasse-A instelling mag de temperatuur in de kast niet noemenswaardig verhogen. Indien dat wel gebeurt zal de schakeling geen lange levensduur hebben. Elco's zijn gespecificeerd voor een maximum temperatuur van 80° C. Indien U over een koeler beschikt van bijv. 20 cm breed dan is het zinvol de kast ook 20 cm breed te maken en bijv. 40 cm diep. De koeler vormt dan de voorzijde.

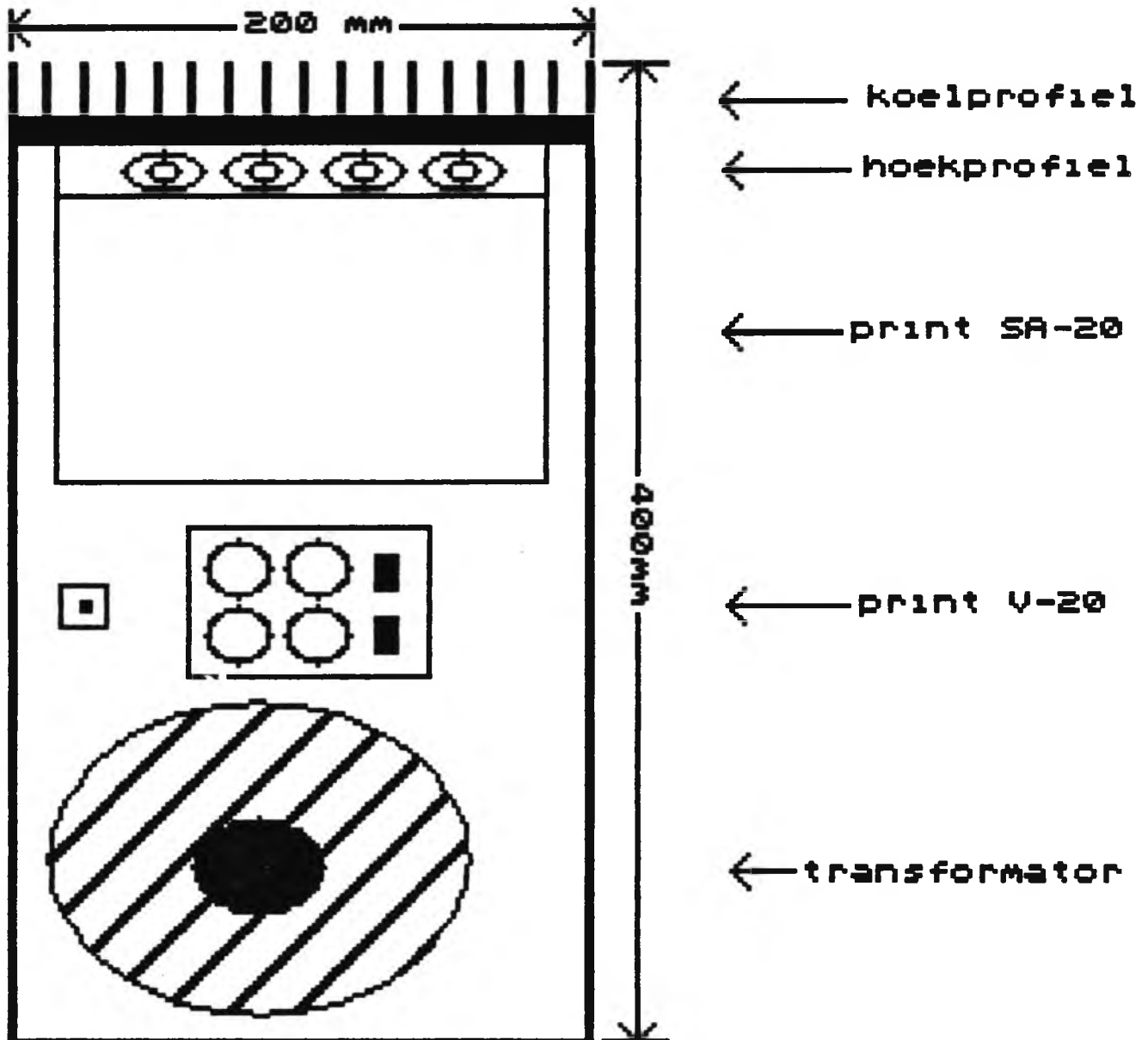
## Kastkonstruktie

Indien U de kast zelf maakt gebruik dan aluminium van 1,5 a 2 mm dik. Op de volgende bladzijde ziet U enkele schetsen van een konstruktie die een goed resultaat geeft.

De maataanduidingen zijn slechts een indicatie. Het is echter de bedoeling dat de transformator niet te dicht bij de ingangscondensator komt.

Het massieve deel van de koeler wordt op een verhoging van 5 a 10 mm gemonteerd (U-profiel), zodat er gemakkelijk lucht langs de ribben stroomt. De bodemplaat is L-vormig en op de opstaande zijde kunnen alle in- en uitgangen bevestigd worden.

## SA-20 bovenaanzicht



Een U-vormige kap kan met behulp van hoekprofielen (5x5x1,5 mm) aan de bodem plaat bevestigd worden, resp. aan het massieve deel van het koelblok. De kap mag niet over de koelribben steken.

Maak ook een paar sleuven of ontluchtingsgaten onder de printplaat van de eindversterker en ook in de kap. Boor nu de bevestigingsgaten voor alle onderdelen. Braam de gaten goed af en monteer alle bevestigingsmateriaal, de transformator, de bruggeleijkrichter en de voedingsprint V-20. De voedingsprint wordt gemonteerd op isolerende afstandbussen.

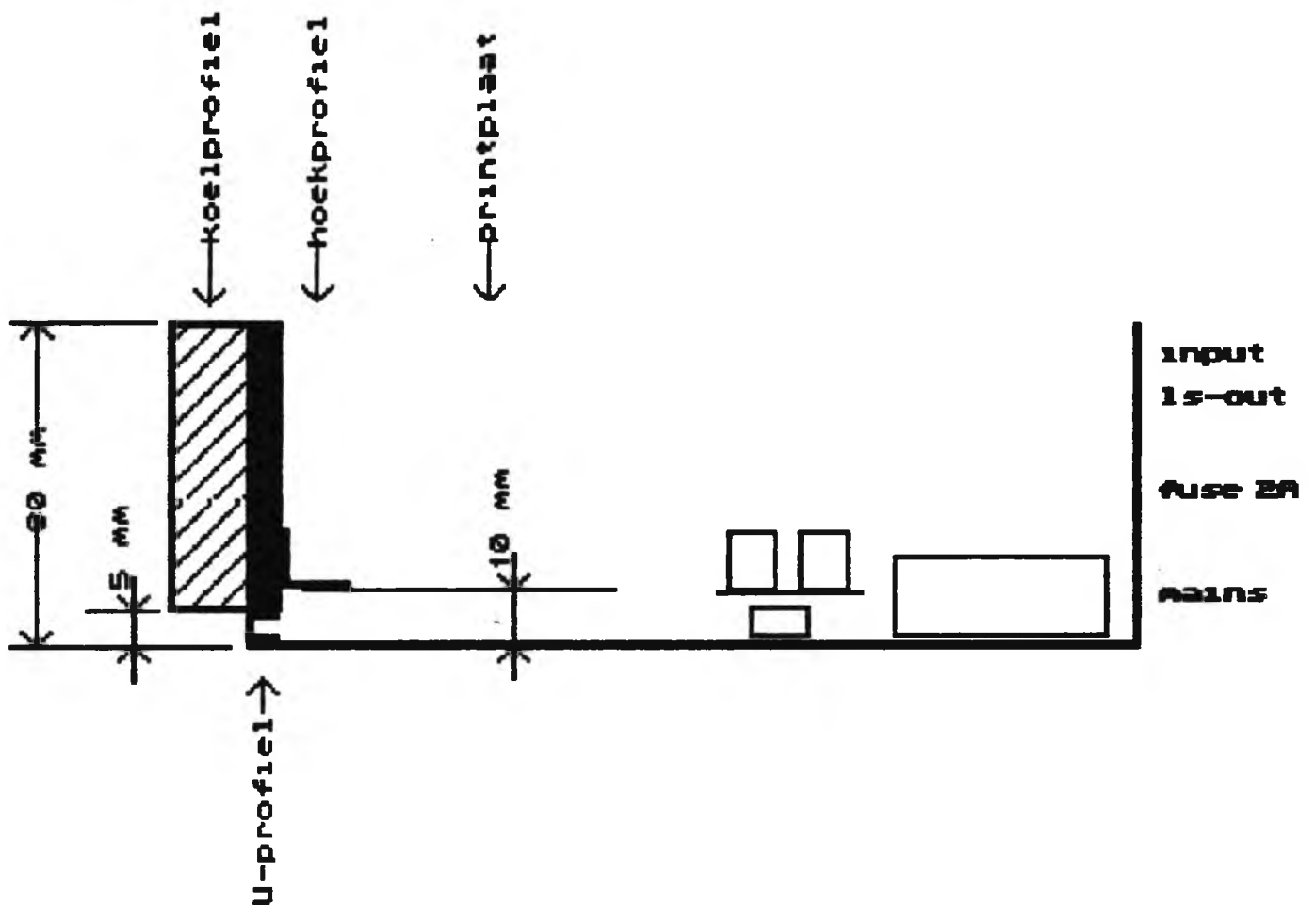
Sluit de transformator (via de zekerling) aan op het lichtnet snoer. Sluit de secundaire wikkeling aan op de bruggeleijkrichter, en die op de print V-20. Zie ook figuur 2.

Sluit het lichtnet aan en controleer de spanningen. Uit de transformator komt 2 x 25 Volt wisselspanning (AC), dus totaal 50 Volt. Na de geleijkrichter staat op de printplaat een spanning van 2 x 36 a 37 Volt (DC), dus totaal omstreeks 72 Volt.

Schakel het lichtnet uit en ontlaaft eventueel, met een weerstand, de voedingselco's. Leg de versterkerprint

SA-20 er naast op een isolerende ondergrond. Verbind nu de plus(+), min(-) en nul(0) van de voedingsprint met de versterkerprint.

Schakel het lichtnet weer in. De spanning op de collectoren van T8 en T3 moet resp. -1 en +1,5 Volt bedragen t.o.v. de nulaansluiting. Dat mag enigszins afwijken maar niet meer dan enkele Volts. N.B. de instelling van P1 heeft daar nauwelijks invloed op. U kunt ook de stroom door de differentiaal meten resp. alle instellingen controleren. Normaal gesproken is dat echter overbodig.



Schakel nu alles weer uit. De elco's ontladen nu langzaam via de schakeling. Neem de voedingsbedrading los.

## Montage van de fet's

Om de fet's te monteren heeft U een aluminium hoekbeugel nodig van omstreeks 50 x 50 x 4 a 5 mm. Daarin komt een boring die overeenkomt met de boring in de printplaat. Boor alle 16 galen 4 mm doorsnee. Braam alles goed af. Boor in de andere flens ook 2 of 3 galen rond 4 mm voor bevestiging aan het koellichaam. Neem nu de beugel onderste boven.

Leg de isolatieringetjes in de gaatjes waarde boutjes doorheen komen (8 gaatjes). Leg nu de printplaat er omgekeerd op zodat de ringetjes er niet uit vallen. Zet de beugel provisorisch vast op de printplaat met 2 boutjes en moertjes. Neem nu de fet's. Kijk eerst of de aansluitpootjes goed haaks zitten en bulg ze eventueel bij. Neem een fet 2SK135 en leg daar een

rubber isolatiering op, die schuift dus over de pootjes.

Monteer de transistor naast R29. Hij kan er slechts op een manier in. Zet hem vast met het boutje van onderaf door de printplaat gestoken. Monteer de naastliggende 2SJ50 op identieke wijze. Verwijder de provisorische boutjes en monteer de laatste twee transistoren.

## Eindmontage

Monteer nu de printplaat aan het koellichaam. Houd er rekening mee dat de printplaat 10 mm boven de bodemplaat dient te komen. Het geheel kan in de kast geplaatst en weer aangesloten worden. Sluit nu ook de A/B-schakelaar aan en maak een verbinding met de luidspreker-aansluitbussen. Monteer tenslotte de ingangskabel. Neem hiervoor afgeschermd snoer. De afscherming komt bij de ingangsentree aan het chassis.

## Dit is de enige aardverbinding met het chassis!

Ook als U stereo bouwt met slechts een voeding worden beide afschermingen gebruikt om te aarden. (R4 dient om een bromlus te voorkomen).

Sluit nu de 220 Volt weer aan en meet de spanning op de luidspreker aansluitingen. Met P1 kunt U die afregelen op 5 mV of minder. Deze meting is de enige echt noodzakelijke meting. Dat kan met een eenvoudige universeelmeter gebeuren. Stel P1 zodanig in dat de uitslag van de meter minimaal is. U dient dit wel te doen met de A/B schakelaar in de stand klasse-A, d.w.z. met de schakelaar niet kortgesloten. In klasse-B verloopt de instelling een beetje, het is de bedoeling dat de versterker bij klasse-A zo goed mogelijk werkt. U kunt ook de stromen door de Fet's meten door de spanningsval over de weerstanden R29 1/m R32 te meten. Die dient per weerstand omstreeks 30 mV te bedragen (=300 mA).

Als alles naar tevredenheid werkt kunt U de kast afmonteren. Voorzie de kast aan de onderkant van stootdoppen van 10 mm hoog zodat de koeler en de ontluchtingsgaten vrij blijven van de ondergrond. De afwerking van de kast is voor de werking niet belangrijk. Toch is het wel plezierig als het geheel er goed uitziet.

U kunt alles demonteren en naar een professionele spulter gaan. Het is ook mogelijk om zelf redelijk af te werken. Ontvet de kast dan goed met aceton o.i.d. en spuit hem eerst met een primer en daarna bijv. met een matzwarte acryllak. Er is ook een spuitbus in de handel die een matzwart "hamerslag" effect heeft.

## Gebruik van de versterker

Na de afwerking (en de hermontage) kunt U echt gaan luisteren. De eerste dagen zult U merken dat de versterker verandert. De temperatuur van de halfgeleiders wordt stabiel en de elco's formeren zich. Na enkele weken aangestaan te hebben klinkt de versterker optimaal.

Het is de bedoeling dat de versterker in rust in klasse-B blijft staan en voordat U gaat luisteren tenminste een uur in klasse-A. De versterker gaat dus nooit uit, behoudens bij langdurige afwezigheid, vakanties etc..

Voor de aansluiting aan andere apparatuur doet U er goed aan goede kabels en pluggen te gebruiken. Geen katen is sterker dan de zwakste schakel. Kies voor de kabels RG-58-U of een goede LC-OFC kabel. Ook voor Uw overige apparatuur (tuner, cassette deck, platenspeler of CD-speler) kan dit veel verbeteren.

Gebruik ook een goede regelversterker. Er is ook de mogelijkheid de versterker direct aan te sturen vanuit Uw tuner en CD-speler echter dan vervalt de opname-mogelijkheid.

Bij gebruik van een *transistor*-regelversterker kunt U de kabels relatief lang nemen en de eindversterkers vlak bij de luidsprekers zetten. Het probleem van de luidsprekerverbinding wordt dan navenant kleiner.

Vergeet niet dat deze versterker bij signaalpieken en afhankelijk van de belasting enkele tientallen Amperes door die kabel stuurt. Dus hoe korter die verbinding hoe liever.

De versterker is met opzet niet beveiligd. Alle beveiligingen doen afbreuk aan de geluidskwaliteit en dat geldt in uiterste instantie zelfs voor de lichtnetzekerings. Probeer sluitingen in de luidsprekerverbinding te voorkomen. Bij langdurige kortsluiting (en grote uitsturing) zal de zekerings het lichtnet uitschakelen. Voorkomen is echter beter dan genezen!

U mag de versterker wel onbelast, dus zonder luidsprekers, aan laten staan. De schakeling en de gebruikte eindtransistoren zijn zeer robuust en wij hebben nog nimmer een defekte versterker gezien.

## Mogelijke fouten of storingen

**OFFSET** Het is mogelijk dat de versterker niet goed op 0 Volt is af te regelen. Dat heeft er mee te maken, dat de overall-versterking en tegenkoppeling vrij klein is. We zijn dus in hogere mate dan in andere ontwerpen afhankelijk van de transistor parameters. Als daarin een belangrijke afwijking zit kan de offset-spanning in een extreem geval + of -300 mV bedragen.

De oplossing is heel eenvoudig. Indien de offset-spanning positief is, dus bijv. +200 mV dan moet de stroom in T3 verkleind worden. R19 wordt dan bijv. 100 Ohm.

Indien de offset-spanning negatief is dan kan de stroom door T8 verkleind worden. R22 wordt dan bijv. 130 Ohm.

Dit verandert niets aan de goede werking van de versterker.

## BROM

Indien overmatige brom optreedt dan kan dat twee verschillende oorzaken hebben. Ten eerste kan het zijn dat, door Uw kastkonstruktie, het strooiveld van de transformator de ingangstrap beïnvloedt. U kunt dat constateren door de trafo te verdraaien terwijl de versterker in bedrijf is. Mocht dat het geval zijn dan raden we U dringend om de konstruktie te veranderen. Brom kan ook veroorzaakt worden door een zgn. bromlus. Dit treedt op als U de nulverbinding dubbel hebt gemaakt. Bijv. als U zowel de 0 van de trafo of de voedingsprint als wel de 0 van de ingangskabel met het chassis verbindt. Bij gebruik van een enkele voeding is dit onvermijdelijk en R4 dient om dit tegen te gaan. U moet echter niet vergeten dat er, ook in rust, aanzienlijke stromen in de transformator optreden als gevolg van de klasse-A instelling. Het strooiveld van de transformator is daarom groter dan bij een klasse-B ontwerp.

## Lichtnetstoringen

De versterker is, door zijn symmetrische opbouw, nauwelijks gevoelig voor lichtnet storingen. Veel (oudere) lichtnetten hebben een relatief hoge impedantie en daardoor kunnen belangrijke variaties ontstaan als gevolg van het in- en uitschakelen van koelkasten, wasmachines etc.. Deze variaties of storingen kunnen in de versterker doordringen indien U hem met de aarde in huis verbindt.

De isolatie van goede apparatuur (en ook van deze versterker) is zo goed dat het onnodig is om te aarden.

Lichtnetstoring kan ook inductief in Uw installatie terecht komen. Dat kan gebeuren indien Uw ingangskabels langs een lichtnetleiding (verborgen in de muur!) lopen. Dat valt te constateren indien U de kabels verlegt. Het is belangrijk om eerst te constateren waar de storing vandaan komt.

***Bij hardnekkige storing moet U als volgt te werk gaan:***

1. Neem de Ingangskabel los. Treedt de storing nog steeds op dan kan dat door de luidsprekerkabels komen, verleg die dan. Het kan ook dat Uw versterker beïnvloed wordt door het strooiveld van een transformator in Uw overige apparatuur. Schakel die dan een voor een uit. Mocht U de "dader" vinden zet die dan wat verder weg.

2. Sluit Uw ingangskabel aan en verbind die met de regelversterker. Verwijder alle andere (ingangskabels van Uw regelversterker en schakel de regelversterker uit. Nu kunt U constateren of de kabel naar de eindversterker de storing ergens opplikt. Verleg in dat geval de kabel.

3. Zet de regelversterker aan met de volumeregelaar dicht. Het kan zijn dat Uw regelversterker via zijn voedingsdeel storingen binnenkrijgt en versterkt. In dat geval helpt alleen een speciaal filter. Mocht U zo'n filter overwegen probeer dat dan eerst uit. De meeste lichtnetfilters hebben een aardaansluiting. Probeer het uit zowel met als zonder aardverbinding (aan de waterleiding).

4. Zet de volumeregelaar open en sluit een kabel aan naar de tuner, CD-speler of het cassette-deck. Laat dat apparaat uitgeschakeld. Nu kunnen we constateren of het via de laatste kabel binnenkomt. Schakel het verbonden apparaat in (wel het volume even terug nemen!) en luister weer. Ook een van de verbonden apparaten kan storingen doorgeven.

5. Tenslotte verbindt U de platen-speler met de installatie. Probeer die uit zowel met Ingestoken netstekker als zonder. Veel platenspelers hebben een soort netfilter wat na enige jaren het tegenovergestelde effect heeft van wat werd beoogd. Knip eventueel de keramische condensatoren er uit die van de lichtnet aansluiting naar het chassis van de platen-speler lopen.

Mocht dat de oorzaak zijn vervang die condensatoren dan door metaal-papier condensatoren of MKP.

In het uiterste geval kunt U contact met Uw leverancier of met ons opnemen. Ga echter eerst te werk zoals hiervoor omschreven. U kunt dan ook duidelijk maken onder welke omstandigheden de storing optreedt en Uw leverancier kan U beter helpen indien de klachtoomschrijving nauwkeurig is.

**Mogelijke verbeteringen**

In de eerste plaats is het beter mono-blokken te bouwen dan een stereo-versterker. In het laatste geval is de geluidskwaliteit sterk afhankelijk van de gebruikte luidspreker kabels.

Daarnaast is er de optie om de voedingselco's te verdubbelen. Dat geeft onder extreme omstandigheden een wat groter impulsvermogen en het geluidsbeeld wordt er nog iets rustiger door.

De kwaliteit is in eerste instantie bepaald door de kwaliteit van de koppelcondensatoren. Het kan daarom nuttig zijn C1 en C9 te vervangen door ROPEL typen.

In laatste instantie geldt hetzelfde voor de ont koppeling van de voeding. Ook daar kunt U ROPEL toepassen.

Het heeft ook voordelen voor de verbindingen goed montagesnoer te gebruiken. We hebben goede ervaringen met 1,5 kwadraat LC-OFC van Van-Den-Hul.

Tenslotte is het mogelijk de versterker nog verder in klasse-A te zetten. De transformator dient dan groter te worden, bijv. 300 VA, en de ruststroom wordt verhoogd tot omstreeks 500 mA per transistor. Daarbij dient dan een zeer fors koellichaam gebruikt te worden met een temperatuur coefficient van ten minste 0,4 °C per Watt. In dit laatste geval doet U dit voor eigen verantwoordelijkheid. Iedere garantie vervalt!

**MEETGEGEVENS SA-20**

Continu vermogen (W)	35 (40)
Piekvermogen 1 mS (W)	50 (60)
Vermogen 4 Ohm (W)	70 (80)
Vermogen 2 Ohm (W)	100 (115)
Dempingsfaktor	25 (30)
Brom en ruis (dB)	90 (95)
THD 20 W - 1 kHz (%)	0,5
THD 20 Hz-20kHz (%)	0,8
THD 1 W - 1 kHz (%)	0,1
Idem 20 Hz-20kHz (%)	0,2
Bandbreedte (-1 dB)	10 Hz - 70 kHz
Bandbreedte (-3 dB)	5 Hz - 100 kHz
Slew Rate (V/uSec)	8
Overshoot 8 Ohm/2 uF	5 %

onvoorwaardelijk stabiel

De waarden tussen haakjes gelden met extra elco's C5 en C6. Dit zijn absolute (niet gegarandeerde) maxima.

Alles gemeten in mono uitvoering, dus met ieder kanaal zijn eigen voeding.

# HI FI NIEUWS

## BOEKEN

### *De Compact Disc*

door J.C. Hanus en C. Panel

uitgever : Kluwer Deventer

prijs fl. 29,50

Dit is een goed leesbaar boek, waarin zeer inzichtelijk en voor iedereen begrijpelijk het systeem van de digitale registratie uiteen wordt gezet.

Er staan niet teveel formules in, met tekeningen en diagrammen worden de zaken zeer helder beschreven. De bekende problemen met de nieuwe geluidsdrager worden niet geschuwd al moet gezegd dat de schrijvers de analoge plaat wat sceptisch behandelen.

Bijvoorbeeld wordt gesteld dat een analoge plaat niet verder komt dan 20 kHz door de mechanische beperkingen. We weten bijvoorbeeld door de experimenten met 4 kanalen dat een plaat veel verder kan (zie ook hieronder bij Ortofon). Bovendien wijzen metingen dat ook uit. Het voorgaande dargelaten is het een uitstekend boek dat o.i. bij elke hifi-liefhebber op de plank hoort. Warm aanbevolen dus.

## TIJDSCHRIFTEN

### *The Absolute Sound*

Issue 50

early winter 1987

In dit nummer staat een artikel waarin de verschillende redactie-medewerkers uiteen zetten wat hun "Droom HIFI-Systeem" is.

Opmerkelijk is dat veel recensenten kiezen voor buizen versterkers en meer speciaal voor de producten van "Audio Research". De SP-11 regelversterker is voor alle betrokkenen het ideaal. Met één uitzondering kiezen ze ook allemaal voor een Goldmund draaitafel.

Een speciaal artikel werd gewijd aan het vinden van oude platen. Daar had TAS al eerder aandacht aan besteed met als gevolg dat de prijzen voor goede tweede-hands platen flink beginnen op te lopen. Het moet gezegd; veel oude platen hebben veel muzikaal genoeg te bieden en vaak ook nog een betere opnamekwaliteit dan de laatste jaren. Vooral in de begintijd van stereo omstreeks 1960 werden er mooie ruimtelijke opnamen gemaakt. Waarschijnlijk is dat te danken aan de schaarse microfoon bezetting! Let eens op oude Decca "FFSS" opnamen. Verder is er een goede test van de Ariston RD-90 draaitafel, die men gelijkwaardig vindt aan bijv. de Linn Sondek!

### *l'Audiophile*

No. 42

4e kwartaal 1987

In december organiseerde l' Audiophile in Parijs een beurs met uitsluitend buizen apparatuur. Voor die beurs was belangstelling vanuit High-End kringen en zelfs van sommige redacteuren van de Engelse HiFi pers (voor het eerst nota bene).

l' Audiophile publiceert van tijd tot tijd ook eigen buizen ontwerpen, voornamelijk van Jean Hiraga's hand. Er is daar een tendens naar betrekkelijk kleine versterkers met daaraan gekoppeld luidsprekers (hoornluidsprekers) met extreem hoog rendement.

Dat leidt tot verbluffende resultaten en als U in Parijs komt kunt U het zelf beluisteren bij :

**La Maison de l'Audiophile**

**14, Rue de Belfort**

**75011 Paris**

Ditmaal een nummer boordevol buizenversterkers (inclusief schema's!). De ontwerpers van Beard, Audio Research, Conrad Johnson en Jadis worden elk acht dezelfde vragen voorgelegd. Opmerkelijk is dat ze allemaal kiezen voor klasse-B, terwijl ze vinden dat klasse-A beter klinkt. Dat is wel begrijpelijk omdat een klasse-B een hoger rendement heeft en minder kost.

Een aanbevolen nummer.

### *HI FI VIDEO TEST*

no.3 maart 1988

In dit nummer een test van enkele CD-spelers van omstreeks fl. 1.000,-. Sony en Philips komen er redelijk goed van af, maar de warmste aanbeveling is voor de Rotel RCD-820B. Bijzonder is dat in de kantlijn wordt vermeld dat het een kritische test is. Dat mogen we zeker verwachten van deze schrijvers : Peter van Willenswaard en Hans Beekhuizen. Echter na de test drie maal gelezen te hebben bleef het onduidelijk! Aan alle spelers mankeerde wel iets en toch krijg je het gevoel dat je aan niet één een miskoop kunt hebben.

Naast de fl. 1.000,- spelers werd ook gekeken, gemeten en geluisterd naar de Cambridge Audio CD2. Hierbij claimt de fabrikant "audiophile" eigenschappen. Er wordt 16-voudig overgesampeld, dus vier keer meer dan alle andere bekende spelers. Maar toch .... "Bij violen en blazers is er een lichte neiging tot hardheid.....". De ruimtelijke afbeelding zou wel goed zijn.

# HI FI NIEUWS

## **BUMA VRIJE MUZIEK**

We kregen onlangs een persbericht binnen van een firma die zich specialiseert in Buma-vrije muziek. Deze muziek is bedoeld als achtergrond muziek in Horeca bedrijven en bijv. als jingle.

Het is in de Horeca een probleem dat er voor ieder in het openbaar afgespeeld stukje muziek Buma-rechten betaald moeten worden. Die rechten komen weliswaar ten goede aan de muzikant(en) en de componist, maar het is een kostbare en omslachtige zaak.

Deze situatie leidde tot een opbloei van een zwarte markt in bandjes die je van een zogenaamde studio kon huren voor een prijs waar duidelijk de Buma rechten niet in begrepen was. Hoe je er ook over denkt, erg fris is het allemaal niet.

De firma "Film Sound Music" nu laat muziek componeren en uitvoeren, zonder dat dit aangemeld wordt voor registratie. Iets dergelijks is al lang gebruikelijk in de filmindustrie. De niet-geregistreerde composities mogen dan vrijelijk uitgevoerd, opgenomen en gecopieerd worden. Dit heeft in deze nieuwe opzet een duidelijk financiële voordeel voor de afnemer, zonder eventuele juridische consequenties achteraf. Het is dus een volkomen legale zaak.

Film Sound Music heeft nu 200 titels van muziekstukken en 49 jingles (ook voor reclamedoelinden te gebruiken) in het repertoire. De muziek is verkrijgbaar op platen of op CD en verdere informatie is te verkrijgen bij :

**Film Sound Music G.m.b.H.**  
Katherinenstrasse 30  
200 Hamburg 11  
tel. 0949-40-365132

## **OD & ME**

### **CD-productie apparatuur uit Nederland**

Deze firma, waarvan de naam een afkorting is van Optical Disc & Memory Engineering, gevestigd in Eindhoven onder de rook van ....! heeft een machine ontwikkeld waarmee de CD's op een kleine oppervlakte in een gesloten kabine geproduceerd kunnen worden.

Tot nog toe werden hele afdelingen en gebouwen stofvrij gehouden en van een optimaal klimaat voorzien om de micrometer nauwkeurige putjes in de CD's te krijgen. Het systeem van OD & ME vergt niet meer dan 2 à 3 kubieke meter, waarbinnen de gehele productie kan geschieden.

Het systeem produceert elke 9 Seconden een Disc dus 400 per uur. Met enkele kabinen naast elkaar kan een gigantische dagproductie gemaakt worden, waarbij de eindprijs ook nog beduidend lager is dan in het bestaande proces.

De machines werden al geleverd in Europa, terwijl contracten in aantocht zijn voor Oost Europa, Zuid Amerika en Azie (India).

Over de kwaliteit van de Discs hebben we nog geen informatie. De gehele opzet ziet er echter goed uit en wij achten het een belangrijke aanwinst voor de Nederlandse industrie.

Verdere informatie is te verkrijgen bij :

**OD & ME**  
Bisschop Bekkerslaan 8a  
5628 RA Eindhoven  
tel. 040-41035

## **BRAINPARK ROTTERDAM**

Onlangs is het eerste bedrijf geopend, dat gevestigd is in het Rotterdamse Brainpark tussen de Erasmus Universiteit en de ringweg rond Rotterdam bij de van Brienoord brug.

De bedoeling van het Brainpark is dat er zich hoofdzakelijk HI-TECH bedrijven vestigen in het kader van de toekomstige vaart der Rotterdammers (ook een volkje).

Alphatron heeft twee divisies : Componenten en Broadcast. De componenten divisie levert professionele componenten o.m. voor militaire en medische applicaties. De Broadcast divisie levert een scala aan apparatuur voor het opnemen en bewerken van video signalen. Informatie :

**Alphatron**  
K.P. van de Mandelelaan 40  
3062 MB Rotterdam -  
Brainpark tel. 010 - 4520600

## **CLASSIFIED**

*In deze rubriek vindt U kleine advertenties van lezers voor lezers, dus uitsluitend particulier. De kosten per advertentie zijn minimaal fl. 10,- per advertentie en fl. 5,- per 40 leestekens. De advertentie kunt U plaatsen door de tekst met Uw girobetaalkaart op te zenden naar postbus 748, dan wel een giro over te maken met in de rubriek mededelingen de inhoud van de advertentie.*

**Te koop:** Mengtafel D&R-700. 12 kanalen, stereo, faderstarts. Weinig gebruikt en z.g.a.n.. Nieuw prijs fl. 4.500,- Nu fl. 2.500,-. Tel 02990-41057 (Na 19 uur)



## PHOCAS

door John van der Sluis

*Op het boelende terrein van geluidswaergeving zijn er altijd weer bijzondere zaken te beleven met mensen die op eigen wijze het audiopad bewandelen. Vaak zijn dat ingenieurs die op een laboratorium iets nieuws ontwikkeld hebben. Soms ook zijn het alleen-gangers, die alleen al door hun denkwijze opvallen. Zo iemand is Phocas. Eelco Grimm was er bij.*

Op een nog frisse lentemiddag gingen we naar Dordrecht om Phocas te bezoeken, niet wetend wat ons boven het hoofd hing. De zon scheen en dat scheelde al veel. Op het opgegeven adres aangekomen bleek het een oud pakhuis in de oude binnenstad van Dordt. Toen naar binnen. Dat was nauwelijks mogelijk. Als de deur opengaat moet er iets opzij geschoven worden. De grond ligt bezaaid met materialen en gereedschappen, snoeren, luidsprekers en ondefinieerbare zaken. Ik heb werkelijk zelden zo'n chaos gezien!

Phocas is begin veertig en ziet er nogal verfrommeld uit met zijn woeste baard. Dat samen met de chaos is niet zo'n beste binnenkomer. De ruimte was vroeger een glasblazerij en aan één kant staat nog de oude, gigantische, oven. Op de vraag waar hij nu mee bezig was, was het antwoord "Een susser". Daar had ik nog nooit van gehoord en ik vermoedde dat ik bij een, weliswaar leuke, maar toch te zeer afwijkende man terecht was gekomen. Daar bleek mijn onwetendheid. Een susser is een mechanische voorziening, een luchtsluis waardoor de frisse lucht van buiten naar binnen in een ruimte kan komen, echter met zo weinig mogelijk lawaai van buiten. Het is dus een "geluidsdemper". Je vindt ze o.a. in kantoorgebouwen waar de ramen niet van open kunnen. Het bijzondere van Phocas' susser is dat in plaats van een luchtkanaal van een meter in doorsnede er honderden kleine kanaaltjes van enkele millimeters doorsnede worden toegepast.

Hij claimt daarmee een betere lawaai-onderdrukking te bereiken, t.o.v. commerciële produkten een verbetering van 20 dB! Dat klinkt indrukwekkend. In de hoek onder kabels en gereedschap staat wat Bruel & Kjaer meetapparatuur. Daarmee kun je dat goed meten.

We zien ook nog ergens een laserinrichting liggen. Daarmee worden hologrammen gemaakt. Waarvan? Bijvoorbeeld van een luidspreker-conus. Door gebruik te maken van interferenties kun je microscopisch kleine afwijkingen zien. Helaas gaat dat tot nog toe alleen met een statisch signaal, dus met een continu sinus. We zijn het er over eens dat een dynamische meting, met muziek, beter zou zijn. Voorlopig brengt deze methode ook veel aan het licht en het lijkt erg op wat ik eerder bij Celestion zag.

Een volgend projekt dat nog uitgevoerd moet worden is het maken van een hologram van een spelende pick up naald! Dat is m.i. niet eerder vertoond en lijkt me zeer nuttig. Het zou kunnen dat Ortofon daar al mee bezig is.

Verder gaat het over akoestiek ofwel het verbeteren daarvan. Ik denk onmiddellijk aan schoendoos-achtige flats. In dit geval gaat het echter om industriële omgevingen. In een rechthoekige (betonnen) ruimte kun je nogal nadrukkelijke staande golven en galm hebben. Als je daarin verspanende machines zet kan het lawaai oorverdovend worden.

Phocas maakt panelen waarop enkele verschillende dempende en absorberende materialen zijn aangebracht. Een zijwand wordt daarmee over de hele lengte voorzien, waarbij de panelen iets verlopen in breedte en in de hoek waaronder ze staan. Een door hem zo behandelde ruimte heeft nu een galmtijd van 1 milliSeconde en voorheen 4.

Dat kan een wereld van verschil zijn! Door de wisselende hoek wordt het geluid verstrooid en worden staande golven onderdrukt.

"Eindversterkers klinken bijna allemaal hetzelfde!"

Mijn haren staan overeind. Waar ben ik terecht gekomen? Bij een man zonder oren misschien. Het blijkt dat Phocas ook nog op de Buhne staat met zijn eigen (electronisch versterkte) muziek. Hij speelt verschillende instrumenten, maar in hoofdzaak elektronische piano. Als we wat dieper op het onderwerp doorgaan blijkt hij wel een voorkeur te hebben voor buizenversterkers (gitaar versterkers).

"Bij jullie in Rotterdam viel het me op dat het geluid zo ontspannen was en dat lag zeker niet aan de luidsprekers!"

Dat kan wel kloppen, het was de SA-10 die zo ontspannen was. Met onze luidsprekers is hij het niet eens.

"Mijn meest ideale weergever is de Karlsson kast. De bas die je daar uit haalt wordt niet geëvenaard."

Hij heeft er 20 gemaakt. Nu heb ik er ook wel eens een stel gemaakt en ik ben blij dat ik ze niet meer heb. "Ze moeten ook heel nauwkeurig afgestemd worden. Als je het goed doet staat de luchtkolom als een moker in de ruimte."

Dat lijkt me aardig voor een popconcert, maar hoorns voldoen dan nog beter en inderdaad, hij heeft ook hoorns gemaakt.

"De meest vermoeiende box is een Bose 901. Een probleem met luidsprekers is dat je vaak de, niet weergegeven, bas er bij denkt. Dat kost moeite, ook hersefuncties gebruiken je energie."

"Op den duur zijn dus alle luidsprekers vermoelend als ze wel de harmonischen weergeven, maar niet het laagste oktaaf."

"Luistermoeheid is complex. Het is ook een psychologische kwestie."

Waarmee het Bose-verhaal weer op losse schroeven staat.

Toch kun je op een goedkope installatie beter een goedkope luidspreker aansluiten. Recent hoorde Eelco een Translator Impact-II op een midi-set. Het leek wel of de luidspreker kapot was. Toen daarna "spreeuwenkistjes" van fl. 100,- per stel werden aangesloten klonk het nota bene weer normaal. Al twijfelend werden de Translators weer op een echte Harman Kardon aangesloten en ze bleken wel in orde. Beter zelfs, veel beter dan de midiset met of zonder de spreeuwenkisten!

Helaas laten goede, goed definiërende luidsprekers ook horen wat er mis gaat in de electronica. De niet-lineaire electronica blijft de zwakste schakel. Met onze eigen pijpen hebben we dat ook vaak ervaren. Andersom ook. Een luidsprekerimporteur demonstreert nu met onze (klasse-A) versterkers. Tot zijn verdriet klinkt dat meestal beter dan bij de winkelier die, noodgedwongen, met commerciële versterkers moet werken.

"Het menselijk gehoor is een veel betere vervormingsmeter dan welk apparaat ook. Bovendien zijn veel meetspecificaties het gevolg van fouten in de meetapparatuur. Geen twee dingen zijn hetzelfde. Alles is uniek. Twee personen kunnen nooit dezelfde waarneming hebben."

Zo komen we op een zijpad terecht, het menselijke denken, de filosofie.

"Ik heb mezelf nooit kunnen onderverdelen in geest en lichaam. Dat onderscheid komt van Aristoteles. Die heeft grote verwarring gesticht. Als je op die manier denkt is dat een kwestie van schizofrenie. Ik ben een semanticus."

Na afloop van het gesprek werden we uitgenodigd voor een eenvoudig doch voedzaam maal in de lokale poffertjeskraam. Helaas, helaas de poffertjes waren op.

# HI FI NIEUWS

## ORTOFON

### MC-3000

Ook bij Ortofon wordt veel aandacht besteed aan het verbeteren van analoge geluidswaergave. De nieuwste aanwinst is het element MC-3000, die nu het topmodel is. Hij is voortgekomen uit de eerdere MC-2000. De behuizing is uit één stuk gemaakt van keramisch materiaal. Het generator-deel van dit MC-element heeft (gelukkig) een veel hogere output dan de MC-2000, die nog wel eens een probleem vormde voor sommige voorversterkers. Daarnaast werd ook een nieuwe, extra slanke, naaldvorm ontwikkeld, die vooral de hogere frequentie-gebieden beter aftast.

Ortofon spreekt zelf over "Drie-Dimensionale Waergave". De eerste testen bevestigden dat het hier gaat om één van de weinige topelementen, waarvan de ruimtelijke (soms genoemd holografische) waergave extreem goed is. Door de aard van het keramisch materiaal zijn er weinig resonanties in de behuizing en zal de aanpassing aan de arm weinig problemen geven. Wie het onderste uit de kan wil hebben zal toch graag een heel goede arm gebruiken, zoals de Goldmund, SME-Series-V of een Linn-arm. Desondanks in de meeste armen geen probleem!

### X-SERIES

Van goede kwaliteit en voor een lagere prijs zijn ook de nieuw ontwikkelde high-output elementen van Ortofon: de X-serie. Deze elementen kunnen op een gewone MM-ingang aangesloten worden, dus op vrijwel iedere versterker.

### Specificaties MC-3000

Output (5 cm/Sec.) 0,1 mV

Kanaal balans 1 kHz < 0,5 dB

Kanaal scheiding 1 kHz > 25 dB

Kanaal scheiding 15 kHz > 15 dB (héél mooi!)

Frequentie bereik 5 - 90.000 Hz

Frequentie respons 5 - 50.000 Hz (+4/-1 dB)

Naalddruk 2 - 2,5 Gram

Afspeelhoek 20 graden

Impedantie 5 Ohm

Gewicht 9,5 gram

Prijs omstreeks fl. 2.500,-

De eenvoudigste, de X1-MC, heeft een eenvoudige elliptische naald. De duurere modellen X3-MC en X5-MC hebben mooiere naaldvormen en daardoor een beter aftastgedrag en lopen iets verder door in de hogere regionen. De prijzen variëren van fl. 200,- tot fl. 450,-.

## AKAI

Het leveringsprogramma van deze vaak interessante fabrikant is ingrijpend gewijzigd. Over de torentjes en midisets zullen we het niet hebben want daar koopt U dit blad niet voor. Bovendien hebben we in een niet gepubliceerde test moeten constateren dat alle door ons bekeken midi-sets tot fl. 3.000,- ver onder de maat waren.

De enige gunstige uitzondering was Grundig, die in elk geval niet onaangenaam klonk al misten we wel diepte en bascontrole.

Akai levert ook een lijn met "betere" produkten. Zoals U misschien gelezen hebt waren we al eerder erg blij met de "open-loop-versterkers" van deze fabrikant, de roemruchte AM-U5 en AM-U9. Ondanks de, voor commerciële begrippen, hoge vervormingscijfers (1%) klonken deze versterkers uitstekend, en nog beter als je de uitgangsbedrading verving door iets serieus en de A/B-schakelaars omzeilde.

Deze modellen nu waren vorig jaar opgevolgd door de AM-A70 en AM-A90 die er iets strakker en zwart uitzagen, maar in essentie niet veel anders opgebouwd zijn.

Helaas verdwenen ze net zo vlug als ze kwamen, de jongste catalogus vermeldt ze niet meer!

Eerst nu het positieve nieuws. De eerder aangekondigde bijzondere CD-speler CD-93 is nu beperkt leverbaar. In een apart artikel komen we daarop terug, het is inderdaad een top-speler! De volgens de fabrikant daarvan afgeleide goedkopere versie CD-73 was al eerder leverbaar en die biedt voor het geld (fl. 1.200,-) ook veel muzikaal genoeg.

**AUDIO & TECHNIEK  
EEN STANDAARD  
IN HI FI**

# HI FI NIEUWS

Een nieuwe kreet in de folders is "*Reference Master Series*". Dit ter onderscheiding van de eerdere "*Top Line Series*". In de nieuwe serie is een versterker aangekondigd de AM-73, die het summum op versterker gebied zou kunnen zijn. De uitgangstrap is weer "open-loop" gekonstrueerd met Power Fet's. Dat is prima. De versterker kan naast analoge signalen ook digitale bronnen aan, daarom staat er op het frontpaneel: "DIGITAL INTEGRATED AMPLIFIER". Er is een systeem voorzien waarmee drie soorten digitale bronnen gede-codeerd kunnen worden, de CD, de digitale radio en PCM (video) met resp de sample-frequenties 44.1, 48 en 32 kHz. Dit alles met 16 bits en viervoudige oversampling. Veel fabrikanten bieden iets dergelijks aan, o.m. Kenwood en Luxman, in de hoop daardoor meer te verkopen. Laten we wel zijn, U koopt toch geen CD-speler zonder dat er een analoge uitgang op zit?

Helaas is het zo dat alle apparaten met zo'n systeem die we tot nog toe beluisterd hebben niet erg "muzikaal" zijn. Dat kan veroorzaakt zijn door vervuiling van de voeding met digitale kloksignalen, we weten het niet, maar we houden ons hart vast.

Aangenaam verrast waren we door een nieuwe tuner van Akai. De AT-93L is een eigen ontwikkeling van Akai en zou als opvolger beschouwd kunnen worden van de eerder goed beoordeelde AT-S7. In de nieuwe tuner worden geen IC's meer toegepast. Het uitgangscircuit is bovendien "open-loop"! De bandbreedte kan zowel in de midden-frequent (narrow) als laag-frequent beperkt worden, waardoor zwakke (verruiste) signalen toch nog redelijk te beluisteren zijn.

Er zijn twee antenne-ingangen voorzien, wat voor de fervente

radio-liefhebber een uitkomst is. Je kunt dan zowel de kabel als je eigen antenne aansluiten bijvoorbeeld. Met 20 voorkeuzenders en ontvangbereiken ook voor midden en lange golf kunnen we dit apparaat aanbevelen. Prijs fl. 998,-.

Akai zou Akai niet zijn als er niet ook een paar cassette-decks verbeterd waren. Het topmodel is nu de GX-52. Dit deck is voorzien van HX-PRO en verder veel bedieningsmogelijkheden. Hiervan is weer een afgeleide gemaakt: de GX-32. Dit laatste deck heeft geen HX-PRO, maar wel een BIAS-regelaar en schakelbaar MPX-filter. Hoewel het er eenvoudig uitziet lijkt ons dit een uitstekend deck voor fl. 598,-.

Er zijn ook duurdere drie-koppen-decks, w.o. de GX-R70 EX. Dit is een "Quick Reverse" deck, wat de band in beide richtingen kan afspelen en opnemen. Onze ervaringen met dit deck zijn zeer gunstig.

De vervorming is laag (LC-OFC in de O/W-koppen) en het mechanisme draait de koppen zeer snel om aan het eind van de band. Het is voorzien van DBX naast Dolby-B en -C. Van (goedkope) DBX-systemen zijn we nooit verrukt geweest, reden om een lichte voorkeur te hebben voor de GX-52.

## Ook Akai doet mee met DAT.

De aangekondigde DAT-recorder AD-93 is voorzien van separate coderings- en decoderingssystemen. De opname kan geschieden met 16 bits en tweevoudige oversampling met een sample-rate naar keuze van 48 of 32 kHz. Bij de weergave kan gekozen worden uit 48, 44.1 of 32 kHz bij viervoudige oversampling. We hebben het apparaat nog niet gebruikt en daarom geen oordeel.

## MAXELL XL-II

Maxell heeft zijn chroomband verbeterd. De XL-II is nu beter bestand tegen hoge temperaturen (in de auto!) en een hogere output, dus betere signaal-ruis verhouding. Ook het loopwerk werd iets gewijzigd om de bandloop verder te verbeteren.

Het is verheugend te kunnen constateren dat ondanks het digitale geweld er toch aandacht blijft voor goede analoge produkten. De eerdere uitvoering XL-II-S is al eens door ons aanbevolen en ook deze band kunnen we adviseren.

## REAKTIES

Hieronder geven we, verkort, de reactie weer van een noeste doe-het-zelver die zijn eigen versterker bouwde:

*De SC-10 klinkt ongelooflijk goed. Het geluidsbeeld van de Accuphase E-204, die ooit in mijn bezit was, kan niet tippen (het vermogen buiten beschouwing gelaten) aan het ontwerp van jullie hand. Een grandioze prestatie voorwaar. Zelfs iemand die niets om hifi geeft, zo heb ik ervaren, is meteen geïmponeerd door de zeer realistische weergave!*

*Punten van kritiek: de potentiometers en de schakelaar kunnen beter.*

*R.H. te Den Haag*

Antwoord: Uw reactie is één van zeer vele gelijklopende reacties. Deze versterker is kennelijk een schot in de roos. Het commentaar bij de potentiometers begrijpen we niet zo goed. We hebben ze door de fabriek laten selekteren op gelijkloop! (en tot nog toe geen klachten)

# HI FI NIEUWS

*HOME STUDIO*

*maart 1988*

In dit blad vindt U een (terecht!) uitstekende test van de DENON DP-59 platenspeler. We hadden al eerder gemeld dat we nogal verrukt zijn van de Denon filosofie (op dit punt). Deze platen-speler munt uit door bedienings-gemak en geluidskwaliteit. En dat kun je van de meeste duurdere concurrenten niet zeggen. De prijs van deze speler is fl. 1.795,-.

Boeiend in dit nummer is ook het verslag van de luisterervaringen met equalizers, vooral voor wie de studio aan huis heeft!

## CLASSIFIED

*In deze rubriek vindt U kleine advertenties van lezers voor lezers, dus uitsluitend particulier. De kosten per advertentie zijn minimaal fl. 10,- per advertentie en fl. 5,- per 40 leestekens. De advertentie kunt U plaats door de tekst met Uw girobetaalkaart op te zenden naar postbus 748, dan wel een giro over te maken met in de rubriek mededelingen de inhoud van de advertentie.*

**Te koop:** Linn Axis draaitafel. Nieuw, niet gebruikt. Nieuwprijs fl. 1.700,- en vraagprijs fl. 1.400,-. Tel. 080-222310 (vragen naar Marianne)

# IC'S IN HI FI

ofwel

## KUNNEN IC'S GOED KLINKEN?

door Bart van Vreedendaal

### Inleiding

**In mijn huidige stage ben ik terecht gekomen bij een bedrijf dat vrijwel uitsluitend met analoge elektronica werkt. Meer specifiek: men ontwerpt, bouwt en verkoopt versterkers en luidsprekers, en dit voornamelijk in kitvorm.**

**Opmerkelijk is dat er, in de huidige tijd waar de meeste elektronica digitaal van aard is resp. digitaal gestuurd wordt, nog bedrijven zijn die er brood in zien geheel analoge schakelingen te ontwikkelen.**

**Het is me inmiddels duidelijk dat er in analoge elektronica en met name in audio-elektronica nog heel wat nieuwe inzichten en toepassingen zijn. Interessant is het ook dat er in audio nogal wat onontgonnen gebied bestaat. In het kader van de toepassingen is het m.i. belangwekkend dat er ook veel nieuwe schakeltechnieken met buizen bedacht worden.**

**Tijdens mijn stage heb ik, naast andere werkzaamheden, bezig gehouden met het ontwikkelen van een nieuwe regelversterker. Daarbij werd o.m. gebruik gemaakt van de rekenmogelijkheden en de grafische eigenschappen van een moderne computer.**

### Ontwerpvoorwaarden

We willen een regelversterker ontwerpen die de signalen van de verschillende muziekweergevers tot een signaal versterkt dat naar een of twee (mono) eindversterkers kan worden afgevoerd. De regelversterker zal dus in ieder geval een volumeregelaar en een keuzeschakelaar, waarmee tussen de verschillende muziekbronnen kan worden geschakeld, moeten bevatten.

De versterker zal een typisch produkt moeten worden van SK Electronics, met een zo muzikaal mogelijke weergave, waarmee je bij het luisteren naar muziek de verschillende instrumenten kunt plaatsen in de ruimte.

Een elektronisch produkt moet voldoen aan een aantal vooraf gestelde voorwaarden. In grote lijnen zijn dat bijv.:

- a. Prijsstelling t.o.v. andere produkten in de markt**
- b. Vormgeving**
- c. Bedieningsgemak**
- d. Technische specificaties**
- e. Kwaliteit**
- f. Nieuwe (schakel-)mogelijkheden of toepassing van nieuwe produkten (onderdelen) resp. produktietechnieken.**

In ons geval is de volgorde wat anders.

Het produkt is bedoeld voor de hobbyist ofwel de elektronica doe-het-zelver. Waar het die hobbyist om gaat is ná de prijs (goedkoper dan een kant-en-klaar produkt !) de kwaliteit en dat vooral in gehoormatig opzicht. De vormgeving is minder interessant.

De volgorde van de ontwerpcriteria hebben wij daarom als volgt gekozen :

**a. kwaliteit (gehoormatig)**

**b. prijsstelling**

**c. bedienings- en schakelmogelijkheden**

**d. technische specificaties**

**e. toepassing van nieuwe schakeltechnieken**

**f. vormgeving**

Het één is niet los te zien van het ander en zoals later in dit verslag zal blijken zijn we in een volgend stadium op onze schreden terug gekeerd en hebben we de volgorde weer veranderd.

Nieuwe schakeltechnieken hebben bijv. prijskonsekwenties en het kan later blijken dat we daar water bij de wijn van de gehoormatige kwaliteit en/of de mogelijkheden en/of het bedieningsgemak moeten doen.

Aan de voeding worden in ieder geval vrij hoge eisen gesteld en ook dat heeft gevolgen voor de prijsstelling.

**Marktpositie**

Er zijn verschillende soorten audio-produkten op de markt. Enerzijds is er de goedkope midiset in allerlei maten en kleuren, die in ieder huishouden past. Met twee luidsprekertjes in de boekenkast levert dit een aardig geheel op dat niet al te veel geld kost.

Daarnaast kan je ook losse audio-componenten kopen en hiermee zelf een stereoinstallatie samenstellen, die aan je eigen persoonlijke eisen voldoet. Dit levert voor het oog een minder fraaie opstelling op, maar het zal veelal voor het oor een stuk muzikaler klinken.

SK Electronics gaat, zoals ook enkele andere fabrikanten, nog een stapje verder door te proberen de muziek zo natuurgetrouw mogelijk weer te geven zodat het net lijkt alsof je de opname zelf bijwoont.

Omdat we de prijs redelijk laag willen houden bij een kleine produktie zullen we de ontwerpen in zelfbouwkits moeten leveren. Dit houdt in dat de ontwerpen redelijk eenvoudig na te maken moeten zijn en dat iedereen met een soldeerbout de kits in elkaar kan zetten. Hierop kom ik later nog terug.

Een kwestie die regelmatig een rol speelt is dat er jaarlijks wel weer nieuwe mogelijkheden gevonden worden om de geluidskwaliteit nog verder op te peppen. Daarom werd gekozen voor een soort modulesysteem, waarbij men eenheden eventueel kan vervangen door nieuwere. Ook ontstond zo de mogelijkheid een aantal opties open te laten, die later met steekprints gebruikt kunnen worden.

Een optie is o.m. het inbouwen van een tape-opnameversterker. In veel apparatuur wordt eenvoudig de bron via een keuzeschakelaar doorverbonden met de tape-record uitgang, al dan niet met een weerstandje er tussen. Het nadeel daarvan is dat bij een (relatief) hoge bronimpedantie de kabelcapaciteit een rol gaat spelen.

Voor de trouwe analoge geluidsliefhebber mag ook een MC-pre-pre niet ontbreken. Deze is als optie in te bouwen.

Ook is een hoofdtelefoon-versterker voorzien. In het geval dat de eindversterker wat verder weg staat, bijv. tussen de luidsprekers, is dat een handzame optie.

Met alle opties is de regelversterker duurder dan zonder. Men kan echter goedkoop beginnen en later de opties er bij kopen.

Om de inbouw resp. het verwisselen zo eenvoudig mogelijk te maken wordt gebruik gemaakt van steekprints.

Een voorwaarde is dan wel dat de steekverbindingen van goede kwali-

teit zijn. Wij hebben gekozen voor prints met een vergulde "edge-connector" en vergulde receptoren op een moederboard.

Op het moederboard worden de gemeenschappelijke voedingslijnen gemaakt en de aansluitingen voor in- en uitgangen zijn ook op het moederboard aangebracht. De verbindingen met de schakelaars en potentiometers worden daarna "discreet" gemaakt.

**GEHOORMATIGE KWALITEIT**

Zolang we met de reproductie van geluid bezig zijn bestaat ook het streven om een zo natuurgetrouw mogelijke geluidsketen te maken. In de jaren '50 was er bijv. sprake van *Werkelijkheidsweergave* en later kwam de term "Hi Fi" in zwang.

***Noot van de redactie***

*In ons bedrijf wordt onderzoek gedaan naar allerlei aspecten die een rol spelen in het weergeven van muziek in de huiskamer. In dat kader werken er vaak stagiaires van MTS, HTS of TH aan zo'n project of deelonderzoek.*

*Bart heeft een eerder bestaand idee bekeken om IC's beter te laten klinken. Het is bekend dat veel ontwerpers bezwaren hebben tegen IC's (op amps) omdat ze niet goed zouden klinken. Vaak is dat ook zo. Dat deze kwestie mede afhankelijk is van aarding en lay out is al een keer door Peter van Wilenswaard aangetoond met de regelversterker YPSILON C-5. Nu ging het om een nieuwe regelversterker waarvan de uitgewerkte versie later wordt gepubliceerd.*

*Naast het elektronisch onderzoek en het vervaardigen van proef lay outs heeft Bart ook literatuuronderzoek gedaan. Daarbij heeft hij o.m. gekeken naar het subjectieve aspect.*

Tegenwoordig zijn we wat voorzigtiger met het gebruik van dergelijke termen. In grote lijnen spelen bij het beoordelen van geluidsweergave de volgende aspecten een rol :

### 1. Vervorming

### 2. Frequentiekaracteristiek

### 3. Amplitude of vermogen

### 4. Gedrag in de tijd resp. fasekaracteristiek

### 5. Ruis- en Bromafstand

Wij nu zijn in hoge mate geïnteresseerd in het gedrag in de tijd. De subjectieve, gevoelsmatige, waarneming van geluid wordt door afwijkingen en/of verschuivingen (in de tijd) in hoge mate beïnvloed. Indien een schakeling daar 'last' van heeft dan verandert het stereobeeld. In het ongunstigste geval wordt het stereobeeld schijnbaar als een soort diaprojectie op een plat vlak geprojecteerd tussen de weergevers in.

Opmerkelijk is ook dat met (snelle) elektronica, waarbij weinig tijdsverschuivingen plaatsvinden, schijnbaar de vervorming minder is. Het geluid lijkt in dat geval natuurgetrouwer.

Om op dit punt een goede schakeling te realiseren moeten we de eventuele vervormingseis wat lager stellen. Dit is o.i. echter minder interessant daar vervorming (T.H.D.) (volgens audiologische metingen) beneden 1 % voor de meeste mensen niet waarneembaar is. De reden dat veel fabrikanten lage vervormingscijfers produceren is eerder een commerciële dan een technisch/kwalitatieve reden.

### Het Gehoor

Voordat we iets zinnigs kunnen zeggen over het ontwerpen van audio apparatuur zullen we, denk ik, eerst iets meer over de werking van het gehoor resp. geluidswaarneming moeten uitleggen. Bijvoorbeeld : Hoe herkennen we de richting waar het geluid vandaan komt?

Dit lijkt me erg belangrijk om bij de

weergave de positie van verschillende instrumenten in de ruimte te kunnen bepalen. Hiernaar is jarenlang onderzoek verricht en het is daarbij gebleken dat de vorm van de oorschelp een belangrijke faktor is. Deze oorschelp werkt voor geluid recht van voren nauwelijks. Echter bij geluid van achteren vormt de oorschelp een filter en zo ook bij geluid van boven. Onder die condities verandert a.h.w. de frequentie-karakteristiek. We kunnen dat ook simuleren, bijv. met een tertfilter. Indien we een "deuk" maken in de karakteristiek tussen 500 en 700 Hz dan lijkt de geluidsbron verder naar achteren te gaan. Onder experimentele omstandigheden is het zelfs gelukt om met één (mono) luidspreker het geluid schijnbaar rondom de proefpersoon te laten ontstaan.

Herkenning van de richting (bij geluid van voren) blijkt mogelijk door het verschil in tijd tussen de aankomst van het geluid in het linker en rechter oor. Dit kan ook worden beïnvloed door faserverschillen. Tot omstreeks 3.000 Hz werkt dit zo, daarboven worden de golflengtes te klein en wordt de richtingsgevoeligheid bepaald door amplitudeverschillen in beide oren.

Diepte- ofwel afstandswaarneming is veel moeilijker te verklaren. Met onze ogen is een willekeurige afstand vrij nauwkeurig te schatten, maar zuiver met het gehoor blijkt dit veel moeilijker. De laatste jaren is gebleken dat bij elektronische weergave het dieptebeeld beïnvloed wordt door het fasegedrag (en vooral variërend fasegedrag) van de installatie.

Ook is belangrijk hoe we tonen onderscheiden van verschillende frequenties ofwel toonhoogten. Om het verschil tussen een toon "A" en een "Ais" te kunnen meten is een filter nodig met een flanksteilheid van 200 dB per oktaaf. Uit metingen is onlangs gebleken dat het fysieke gehoorsysteem hoogstens 100 dB per oktaaf kan filteren.

Daarmee kunnen we dus niet goed de tonen van elkaar onderscheiden!

De toonherkenning berust op een hersenfunctie en wel op de zogeheten "Auto-correlator". Een bekende proefneming toont dit aan. Daarbij wordt een mono ruisbron gesplitst in twee identieke kanalen. In het ene kanaal wordt vervolgens een tijdsvertraging gezet van bijv. 1 microSeconde. Er zit dus geen toon in het geluid. Met een hoofdtelefoon daarop aangesloten blijkt dat we, naast de ruis, ook een toon horen van 1 kHz. Nemen we een oorschelp weg dan blijft alleen ruis over. De autocorrelator vergelijkt de signalen uit beide oren en stelt dan vast dat er een tijdsverschil in zit. Dat tijdsverschil is dan een toon.

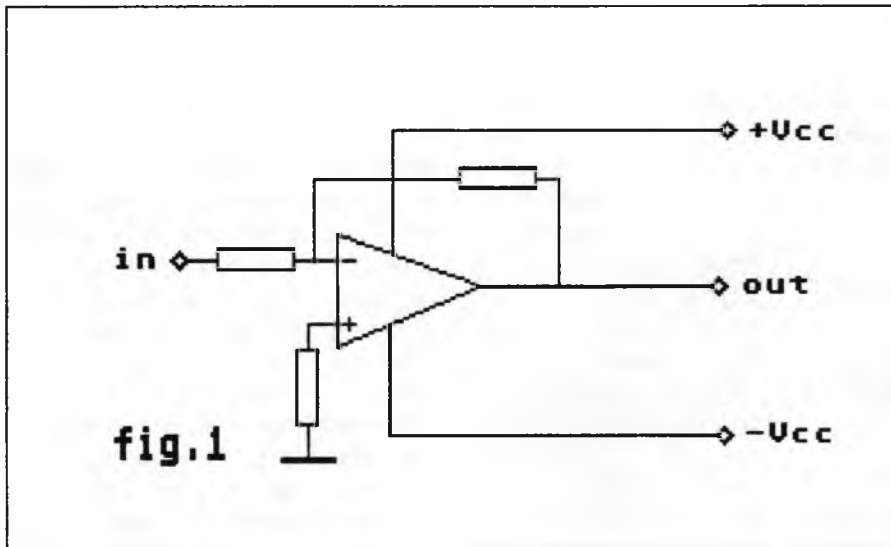
Uit andere proefnemingen is gebleken dat we een toon kunnen herkennen nadat twee opeenvolgende sinussen gepaseerd zijn. N.B. er is geen meetinstrument ter wereld waarmee dat kan! In ons hoofd wordt kennelijk de lengte van de tweede sinus met de lengte van de eerste vergeleken. Ook dat toont aan dat we deze gegevens laten correleren.

Het herkennen van een muziekinstrument berust op twee belangrijke gegevens :

### 1. De samenstelling van de boventonen ofwel harmonischen

### 2. De omhullende van het signaal.

De boventonen bepalen het "karakter" van het instrument. Dus ofwel het klinkt "warm" of "scherp". De omhullende en dan vooral de voorflank bepaalt het soort instrument. Die omhullende begint bij veel instrumenten met een zeer steile voorflank met stijgtijden die (veel) korter zijn dan de lengte van de hoogst waarneembare sinus. Opmerkelijk is daarbij dat oudere mensen die soms niets meer waarnemen boven bijv. 8 kHz toch de instrumenten herkennen. Om die reden is het belangrijk dat een audioketen ook korte impulsen kan weergeven met stijgtijden van bijv. 15 microSeconde (viool).



### Basisschakeling

Hier zien we de basis-configuratie van een versterkertrap met een operationele versterker. De versterking wordt bepaald door de verhouding van twee weerstanden. De ingangsimpedantie wordt bepaald door de ingangswaerstand.

Op de inverterende(-) ingang hebben we een virtueel aardpunt. Dit kan gunstig zijn in verband met de storingsonderdrukking. Een operationele versterker onderdrukt bovendien (door zijn differentiaal configuratie) storingen die vanaf de voedingslijn in de versterker zouden kunnen doordringen. In de specificatie wordt dat "common mode rejection ratio" genoemd. In de praktijk ligt die waarde tussen 60 en 80 dB.

Op het eerste gezicht ziet het er eenvoudig en doelmatig uit. Er kleven echter wat nadelen aan de zaak :

1. Bij gebruik van meerdere trappen zullen die elkaar via de voedingslijnen beïnvloeden.
2. Bovendien kan "vervormingsoverspraak" optreden.
3. Een praktische operationele versterker heeft een beperkte bandbreedte. Heel "mooie" IC's hebben een bandbreedte van slechts 500 Hz !
4. De uitgangstrap van het IC is in klasse-B (en soms zelfs C) geschakeld waardoor cross-over-vervalsing kan optreden.

5. Er is een offset-spanning aan de uitgang.

We kunnen nu een aantal van die factoren op de volgende wijze bestrijden :

1. Elk IC kan apart ontkoppeld worden van de voeding.
2. We kunnen er voor zorgen dat er altijd een uitgangsstroom in de schakeling loopt.

Aan het eerste punt kleeft het nadeel dat de ontkoppelcondensatoren de eventuele wisselspanning superponeren op de aardverbinding. In de praktijk hebben aardbanen op printplaten een kleine impedantie. We kunnen dit onderdrukken door twee aardbanen te gebruiken, die slechts in de voeding bij elkaar komen. Dus een aparte aarde voor alle ontkoppelingen en een aarde voor de signaalreferentie.

Door een stroom uit de uitgang te trekken bereiken we dat het IC zichzelf opwarmt. Daardoor zal de "thermische" vervorming afnemen en de kantelpunten worden stabiel. Een bijkomend verschijnsel is dat de schakeling "sneller" wordt en de bandbreedte wordt ook iets groter.

De uitgangsstroom kunnen we introduceren door een weerstand van de uitgang naar een van de voedingslijnen te plaatsen.

Dat heeft echter het nadeel dat de stroom mede afhankelijk is van de uitgangsspanning. Een betere oplossing is het toepassen van een stroombron. Een gewone stroombron is echter afhankelijk van de temperatuur. Om die reden gebruiken we de schakeling van figuur 2 : een stroomspiegel.

In een stroomspiegel compenseren de beide transistoren elkaar voor temperatuurschommelingen.

We vinden dergelijke schakelingen vaak in IC's.

De stroom wordt bepaald door R, waarbij we rekening moeten houden

met de basis-emitterspanning van de tweede transistor.

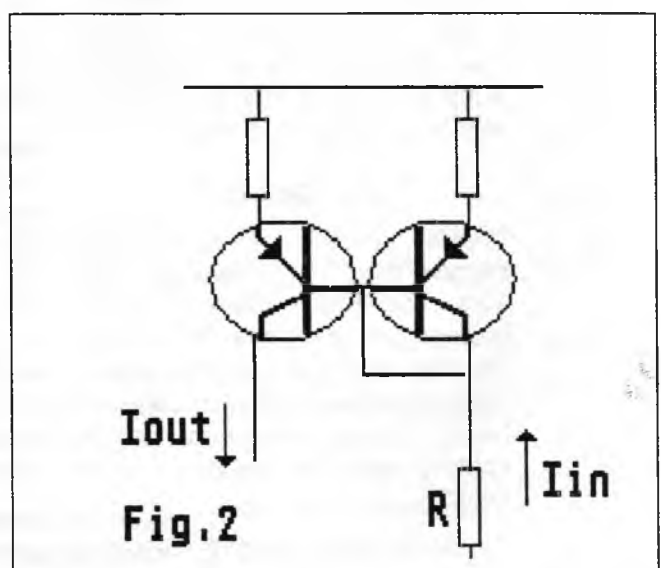
Door twee emitterweerstand te gebruiken lineariseren we de schakeling. Die weerstanden kunnen een kleine waarde hebben, bijv. 100 Ohm.

De formule wordt dan :

$$I_{in} = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R + R_e}$$

en  $I_{out} = I_{in}$

$V_{be}$  en  $R_e$  zijn praktisch te verwaarlozen. Bij een voedingsspan-

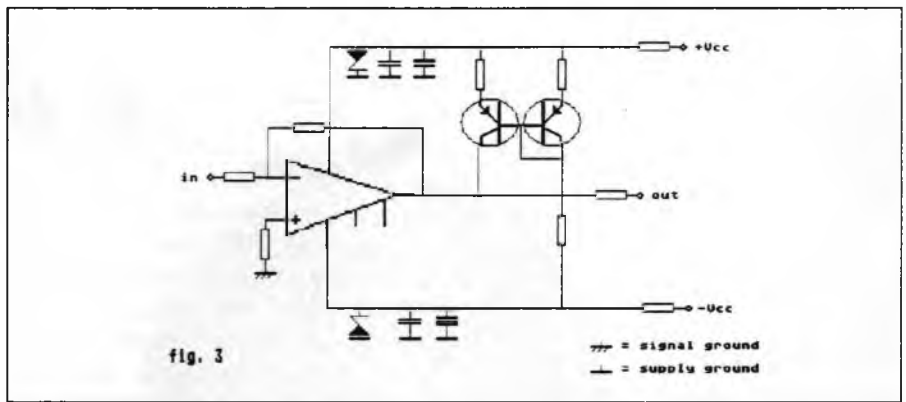




ning van + en -15 Volt krijgen we dan bijv. 2 mA bij een weerstandswaarde voor R van 15 kOhm. Een praktische schakeling vinden we nu in fig. 3. Zoals te zien is wordt de voeding rigoreus ontkoppeld door parallel-schakeling van een zenerdiode, een electrolytische condensator en een gewone condensator.

De voedingsaarde is geheel gescheiden van de signaal-aarde. Dit laatste heeft alleen zin indien de toegepaste condensatoren van goede kwaliteit zijn. Uit verschillende onderzoeken en uit ervaring bij SK Electronics is bekend dat er grote hoorbare verschillen zijn tussen de verschillende fabrikaten. Een verschil is ook hoorbaar indien het dielectrum dikker is, d.w.z. dat de aangegeven toelaatbare spanning hoger is. De condensator is polypropyleen, wat ook voordelen heeft boven polyester of polycarbonaat. Sommige (Franse) ontwerpers gaan nog verder en ontkoppelen bovendien ook nog met polystyreen. Alle weerstanden zijn metaalfilm. Het is mogelijk daar nog verbetering in aan te brengen door inductie-arme geperste koolweerstand toe te passen. Die zijn in goede kwaliteit echter nauwelijks verkrijgbaar en heel duur. De offset spanning aan de uitgang kan op nul afgeregeld worden met een instelpotmeter. We kunnen dan zonder uitgangcondensator werken. Geen condensator is altijd beter dan een heel goede!

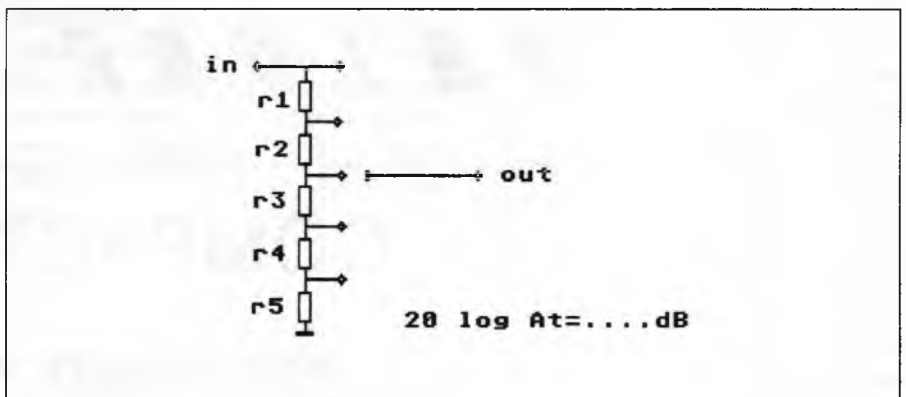
Metingen en luisterproeven hebben aangetoond dat deze schakeling inderdaad beter voldoet dan de eerder gebruikte volkomen identieke schakeling m.u.v. de stroomspiegel. Er kleeft ook een nadeel aan de stroomspiegel; omdat de gebruikte IC's een ingebouwde beveiliging hebben resp. een stroombegrenzing is de maximale uitgangsspanning resp. -stroom beperkt. De uitsturingreserve is echter nog groot genoeg. De meeste eindversterkers hebben een gevoeligheid van 1 Veff. of minder. De uitgangsspanning van deze schakeling (bij Vcc = + en -15 Volt) is omstreeks 3 Veff..



De voordelen zijn dat het geluid bij hoge tonen "sneller" en "schoner" klinkt. Dat valt vooral op bij bijv. bekkens, die natuurgetrouwer klinken. Ook in het middengebied klinkt het beter hoewel dat heel subtiel is en alleen met heel goede eindversterkers en luidsprekers te beluisteren valt.

### Stappenverzwakker

Een stappenverzwakker heeft voordelen voor de geluidskwaliteit t.o.v. een



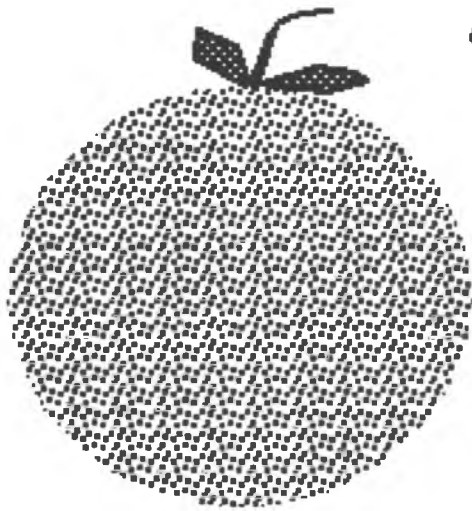
potentiometer. Het contact is beter dan de verbinding tussen een looper en een koolbaan, cermet of plastic film. In een goede audio installatie is de aanwezigheid van een potentiometer te horen. Een nadeel van een stappenverzwakker is dat die maar een beperkt aantal standen heeft, terwijl een potentiometer oneindig veel standen heeft waardoor een meer geleidelijke regeling mogelijk is.

### Basic Programma

Het programma is heel eenvoudig. Ik laat per stap (de stapgrootte wordt ingelezen) de ideale weerstandswaarde berekenen, echter deze weerstand bestaat in de praktijk niet. Daarom heb ik een tabel gemaakt met daarin de waarden van de E-96 reeks (voor metaalfilm weerstanden). Deze waarden laat ik, afhankelijk van de ingevoerde gewenste totaalweerstand, delen

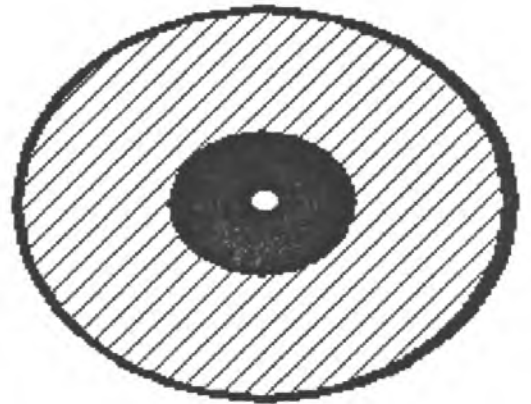
door of vermenigvuldigen met tien. Daarna laat ik in een "repeat-until" lus de berekende waarde vergelijken met de tabelwaarden tot het programma de dichtstbijzijnde kleinere waarde heeft gevonden. Met deze praktische waarde laat ik nu opnieuw de verzwakking, in deciBel, uitrekenen om te kunnen controleren of deze waarde niet teveel afwijkt van de ingevoerde stapgrootte. Vervolgens laat ik alle gevonden praktische waarden optellen om te kunnen controleren of deze totaalwaarde niet al te veel afwijkt van de ingevoerde gewenste totale weerstand.

Het programma kan gestart worden door vanaf de desktop "verzwak.prg" aan te klikken.



**COMPACT  
FRIS**

**PUUR  
NATUUR**



## COMPACT DISC

een update anno nu

*De Compact Disc heeft het pleit gewonnen. Het is een niet meer weg te denken medium, dat eerstdaags de rol van de grammofoonplaat geheel zal verdringen. High End gebruikers en recensenten van Audiofiele tijdschriften laten nog enig gemor horen, maar dat is een langzaam maar zeker verstommend geluid. Er wordt (alweer) een nieuwe generatie spelers aangekondigd en dat lijkt ons een goed moment om de zaken nog eens op een rij te zetten en om te zien in verwondering. We gebruiken hiervoor o.m. materiaal van enkele interviews die wij hadden met zowel de directie als enkele ontwikkelings ingenieurs van het eerste uur bij Philips.*

### de geboorte

De compact disc is een optisch medium. Na de ontwikkeling van optische analoge beeldplaat in 1973 bekeken enkele technenuten de mogelijkheid om dit optische medium voor audio te gebruiken. Bij Philips was de belangstelling minimaal en in 1975 werd besloten alle ontwikkelingen in die richting stop te zetten.

Het bloed kruipt waar het niet gaan kan en enkele enthousiaste technici zetten het onderzoek in het geniep voort. Dit onderzoek, dat ondanks het embargo voor een deel in vrije tijd plaats vond ging al snel in de richting van de omzetting van het analoge signaal naar een digitale vorm.

### uitgangspunten

Wat nu waren de uitgangspunten van deze ingenieurs uit de begintijd? Vastgesteld werd dat het analoge systeem van de langspeelplaat veel feilen vertoonde:

- De plaat is kwetsbaar. Hij kan beschadigd worden door krassen en hij kan vervormen.

- De plaat verslijt. In het gebruik zal een plaat langzaam maar zeker zijn kwaliteit verliezen. Vooral snelle modulaties (hoge tonen) worden aangetast.

- De dynamiek van een plaat is (in 1975) in het beste geval 65 dB. Dat wil zeggen dat er 65 dB onder het maximale uitsturingniveau geen informatie meer meetbaar is.

Nu de alternatieven:

- Omdat bij een optisch systeem de plaat mechanisch niet geraakt wordt is zo'n optische plaat in principe onverslijtbaar.

- Bij DA- en AD-omzetting wordt het oorspronkelijke signaal in exact dezelfde vorm weergegeven. Wetkundig klopt dat ook volgens de theorema's van Shannon en Fourier, behoudens dat die theorema's gelden voor "steady state" ofwel continu signalen. Muziek echter is een "dynamisch" signaal. In de gesprekken die wij daarover voerden maakte niemand zich zorgen over zaken als de definitie van zachte passages of de bandbreedte van het systeem: "Boven 15 kHz horen we niets resp. er is geen belangrijke informatie in dat gebied."

Met deze uitgangspunten en de beschikbare technologie werd een werkend systeem gekonstrueerd en vervolgens in 1979 aan de directie van Philips gepresenteerd. Overtuigd van de kwaliteiten gaf Philips het groene licht voor de verdere ontwikkeling tot een apparaat voor de consument.

Voor zover wij kunnen nagaan werd deze stap mede ingegeven door de marktontwikkeling. Philips dreigde de greep op de consumentenmarkt te verliezen aan de Japanse concurrentie. Men zag in de CD een mogelijkheid het verloren marktaandeel terug te winnen. De eerste zorg was het vastleggen van een wereldwijd geaccepteerde norm. Samen met Sony lukte dat. Het gevolg is niet alleen dat elk fabrikaat plaatje op elk fabrikaat speler afgespeeld kan worden, maar ook dat de royalties bij de licentiehouders terecht komen. Op dit punt had Philips al uitstekende ervaringen met het cassette-systeem. De licentiehouder krijgt een vergoeding voor elk geproduceerd apparaat en voor elke geperste CD!

We stellen nu vast dat de invoering van het CD-systeem berust op twee overwegingen:

1. Commercieel resp. markttech-

nisch

2. De beschikbare technologie Geluidskwaliteit was op dat moment van minder belang en toen in 1982 het systeem officieel aan den volke getoond werd bleek al ras dat er veel kritiek mogelijk was. Op zijn minst konden we melden dat er subjectief, dus op het gehoor, weinig aardigheid te beleven was. De eerste spelers klonken aggressief, hard en het stereo-beeld was plat, het klonk als de ping-pong-platen uit de jaren vijftig.

## Marketing

De marketing engineers bleken blind en doof voor de kritiek, immers er was geen ruis, geen slijtage en groot bedieningsgemak. Ze verzonnen de kreet "*Compact Disc : Puur Natuurlijk Geluid!*" Dat leek erg op de campagne die gevoerd werd voor verpakt vruchtensap "*Compact Fris : Puur Natuur*" en misschien kwam het idee wel van hetzelfde reclame bureau.

Ook de ontwikkelings ingenieurs hadden weinig belangstelling voor de kritiek: "*Wat je er in stopt komt er identiek uit. Kritiek op de kwaliteit berust op fouten in de (analoge) opname techniek. De CD laat beter horen wat er bij de opname fout gaat.*" Veel audio recensenten namen dit voor zoete koek aan.

We bleken echt in de aap geloogd toen we CD's in handen kregen die digitaal geregistreerd, gemastered en geperst waren, de zgn. DDD-opnamen. Deze (vaak 14 bits) opnamen klonken ongelooflijk slecht.

## Andere fabrikanten

Gelukkig stelde Philips het systeem beschikbaar voor derden. Aan kleine fabrikanten werden loopwerken en elektronica geleverd en men kon in Eindhoven een opleiding volgen. Fabrikanten als Mission en Cambridge kregen de mogelijkheid om ten minste het uitgangdeel, de analoge versterker en het filter, te verbeteren. Toen bleek het systeem ineens beter te kunnen klin-

ken.

De eerste speler die ons kon bekoren kwam in 1984 van **Mission**. Hij berustte op het loopwerk van de Philips CD-100 en klonk klassen beter.

Ook in Japan zat men niet stil. In 1985 stelde **Kenwood** dat er een probleem zat in de foutcorrectie. De foutcorrectie corrigeert voor eenmaal gemaakte fouten. Fouten kunnen ontstaan door krassen en door instabiliteit, waardoor de laser het spoor bijster raakt. Kenwood presenteerde enkele loopwerken met een veel stabielere constructie.

Verschillende fabrikanten kwamen met drie-strals lasers, waardoor het servo-systeem beter bijstuurt.

**Accuphase** kwam met een apparaat in twee kastjes, dat vrijwel onmiddellijk wereldwijd als zeer bijzonder zo niet High End erkend werd. In dit apparaat zijn het analoge en het digitale deel geheel gescheiden en slechts verbonden met een lichtgeleider.

Veel fabrikanten concentreerden zich op verbetering van de filters. De viervoudige oversampling van Philips vond algemeen ingang en Cambridge maakt nu zelfs een speler met 16-voudige oversampling. Bij dit laatste heb je nauwelijks meer een filter nodig.

## Marktontwikkeling

Anno 1988 zijn er een aantal muzikaal klinkende spelers voor een redelijke prijs verkrijgbaar. Op de aanstaande Firato zullen er nog meer te zien zijn. Het grote publiek heeft zich en masse op het nieuwe medium gestort. De vraag overtreft de stoutste verwachtingen en de fabrieken en fabriekjes rijzen als paddestoelen uit de grond. In 1990 zal de CD-verkoop die van de plaat overtreffen. Dat heeft weinig met de kwaliteit te maken. De voornaamste aankoop overwegingen zijn uiterlijk en bedieningsgemak (dat geldt overigens voor alle audio produkten).

De vraag is nu of het nog beter kan. Het antwoord, nota bene ook van Philips, is ja.

Het digitale medium heeft (in zijn commerciële vorm) nog een paar nadelen t.o.v. de langspeelplaat en misschien zijn deze media in hun ultieme vorm nooit goed vergelijkbaar. Beide systemen hebben kenmerkende voor- en nadelen. Als je twee topsystemen naast elkaar zet, bijvoorbeeld een Goldmund platenspeler en een Accuphase CD-speler dan is het verschil ten gunste van de plaat nog steeds erg groot.

## Verbeteringen

De CD kan beter. Binnen de beperkte norm van 44,1 kHz sampling rate en 16 bits definitie zijn er de volgende mogelijkheden:

### 1. Mechanisch

De CD is een mechanisch systeem. Alle trillingen in het loopwerk en geluiden of trillingen van buitenaf kunnen de nauwkeurigheid van de aftasting aantasten. Het chassis waar het loopwerk op bevestigd is en het loopwerk zelf kunnen stabiel gemaakt worden dan wat we meestal zien. De behuizing kan zodanig gekonstrueerd worden dat geluiden van buitenaf minder invloed hebben. De doe-het-zelver kan de kap (aan de binnenzijde) van een laagje bitumen of Bostik voorzien. We hebben op dit punt frappante resultaten gehoord!

### 2. Voeding

De digitale elektronica veroorzaakt een aanzienlijke vervuiling op de voeding. De klokpulsen laten een soort ruis achter. Je kunt de voeding van het analoge deel apart uitvoeren. Liefst moet de laatste voeding aan dezelfde voorwaarden voldoen als in een (goede) regelversterker. Dat betekent veel aandacht voor de ont koppeling en de aarding. Parallel schakelen van (kleine) condensatoren over de voeding kan veel schelen. Een ster-aarde lijkt wenselijk en zo mogelijk een lage impedantie van de print-aardbanen. In bestaande apparatuur kun je een verbetering krijgen door over de print-aardbanen massief koper (installatieraad) of massief zilver te solderen.

### 3. Elektronica

Er is nog geen goede (eenduidige) oplossing gevonden voor de filtering. Oversampling lijkt gunstig maar er ontstaan tussen 20 kHz en 160 kHz wél niet-onderdrukte stoorsignalen. Die zijn moeilijk te onderdrukken zonder het stereo-beeld aan te tasten. Het faseverloop in het audio-gebied wordt in belangrijke mate beïnvloed door het filter. Hoe minder filtering, hoe beter de ruimtelijke informatie! Een en ander is dus met elkaar in tegenspraak en de ontwerper moet kiezen uit twee kwaden.

De uitgangsversterker kan heel zorgvuldig opgebouwd worden. Liefst met polypropyleen of polystyreen als koppelmateriaal. Geen keramische condensatoren (ook niet voor ont koppeling) en geen elco's in de signaalweg verbetert ook veel. Liever ook geen IC's (in de standaard configuratie) gebruiken.

Eén van de problemen die onverkomelijk blijven is het systeem als zodanig. Waar ons gehoor het gevoeligst is voor vervorming bij kleine signalen neemt bij een digitaal systeem de vervorming juist toe. We zouden kunnen kiezen voor meer bits, maar dan zou er een nieuwe norm moeten komen en dat zit er voorlopig niet in.

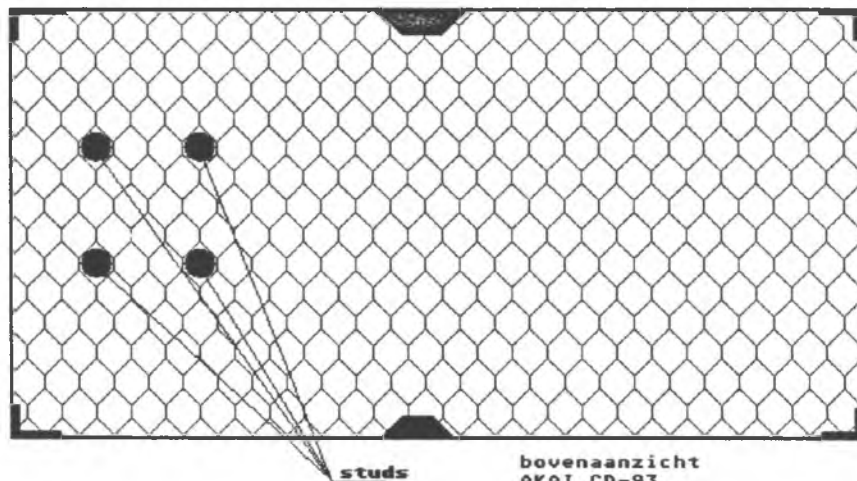
## AKAI CD-93

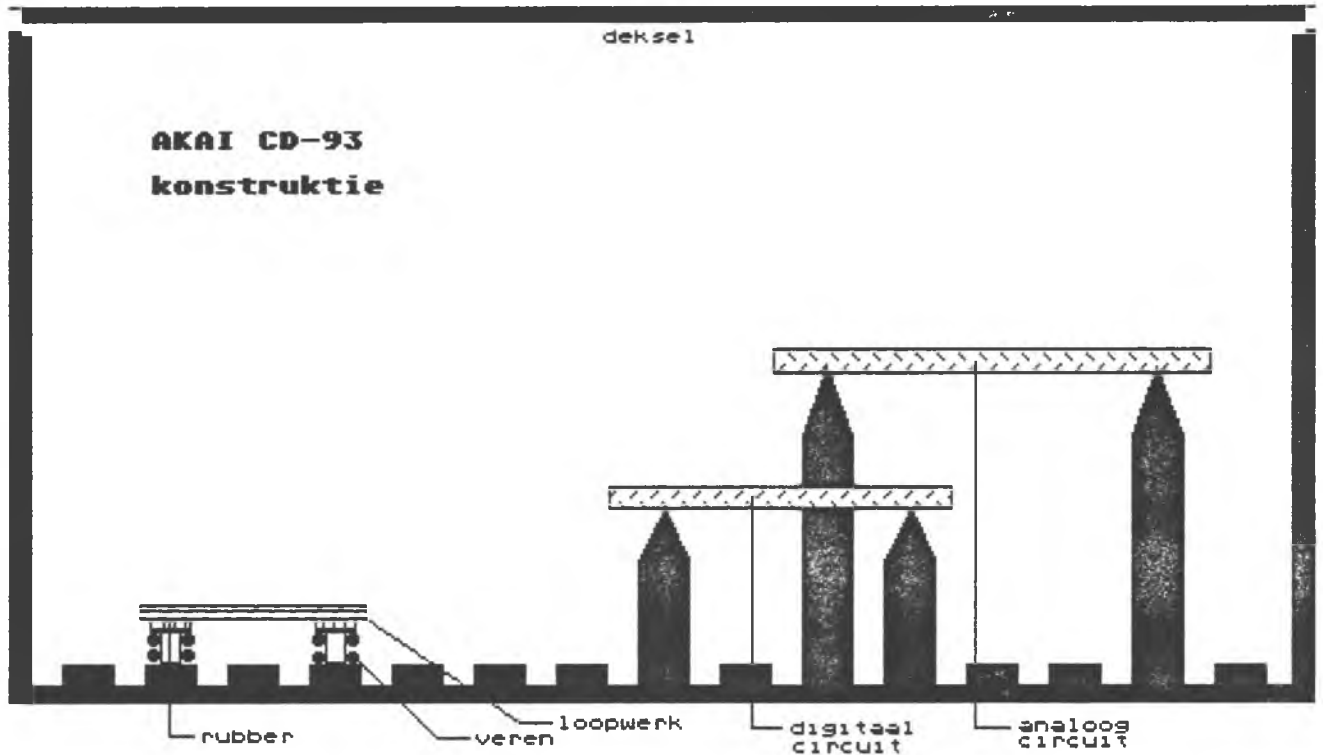
Akai is een opmerkelijke fabrikant met, in Nederland, een opmerkelijke distributeur. In Japan is het een van de kleinere merken. Hun marktaandeel in het thuisland wordt ver overschaduwed door de groten zoals JVC, Technics, Pioneer etc.. Des te opmerkelijker is het grote marktaandeel in Nederland.

Ze begonnen als fabrikant van spoelenrecorders en nog steeds hebben ze een naam te verliezen als (cassette-) recorder leverancier. Nu maken ze een heel gamma aan audio apparatuur met daarnaast ook TV en video en sinds een tweetal jaren ook elektronische muziekinstrumenten.

### AKAI CD-spelers

In seizoen 1982/83 werd op bescheiden schaal gestart met een cd-speler waarvan het loopwerk en de elektronica werden geleverd door een toeleverancier. Dat model was bepaald geen succes en er waren nogal wat technische problemen mee. Men zag al snel in dat, wilde men de boot niet missen, er een eigen model ontwikkeld moest worden. Er moest eigen research en productie op poten gezet worden.





De daarna ontwikkelde eigen modellen bleken goed te voldoen en de CD-A70, die in 1986 op de markt kwam, werd overal goed ontvangen. Deze speler is, in zijn prijsklasse net onder fl. 1.000,-, één van de betere spelers in de markt.

Binnen het Akai concern zijn er enkele ingenieurs die zich toegen op audiophile producten. De open-loop versterkers zijn daar een voorbeeld van. Je kunt het nauwelijks commercieel noemen als men een apparaat op de markt brengt met 1% vervorming! Tegen ieders verwachting in, óók bij de importeur, werd het een succes.

Ook voor de CD-speler sloeg men nieuwe wegen in. De aandacht ging vooral uit naar de mechanische constructie. Ook het beste foutcorrectie- en servosysteem kan niet goed maken wat er eerder fout ging. Er ontstond een nieuwe speler die op belangrijke punten afwijkt van wat we, in de middenklasse, gewend zijn : de CD-93.

## Het chassis

De CD-93 is opgebouwd op een massief gegoten aluminium bodemplaat. Op die bodemplaat is een honingraatconstructie meegegoten, die mogelijke trillingen goeddeels onderdrukt. Bovendien worden de verschillende mechanische en elektronische delen gemonteerd op aangegoten studs. Deze studs lijken enigszins op omgekeerde tip-toes!

Het chassis is daardoor bijzonder trillingvrij en leestfouten zijn beduidend minder dan bij een kunststof of plaatstalen kast. Het loopwerk wordt gemonteerd op een apart gegoten chassis, dat verend is opgehangen op de "studs".

Het aandrijfmecanisme is ook zeer zwaar uitgevoerd, zwaarder dan wat we tot nog toe zagen. Als het cd-plaatje in het systeem geschoven wordt komt er van bovenaf een "disc-stabilizer" op te rusten wat de loop nog stabiel maakt.

## De elektronica

Er zijn twee transformatoren voorzien, één voor het digitale deel en een voor de analoge circuits. De decoding geschiedt met 2 DA-converters, voor elk kanaal een. Het signaal wordt op Philips-wijze 4 x overgesampled. Daarna wordt het met een optische verbinding gekoppeld met het analoge deel. De uitgangsversterker is geheel discreet uitgevoerd, er werden dus geen IC's gebruikt!

De bedieningsmogelijkheden zijn voortreffelijk zoals we van Akai gewend zijn. De uitvoering is geheel zwart met zwart gespoten houten zijpanelen!

We hebben de speler nog niet goed vergeleken met anderen, maar gezien de, in zijn soort, vriendelijke prijsstelling (adviesprijs fl. 2.498,-) kunnen we hem voorzichtig aanbevelen.

# A-15

## class A power amplifier de eerste fase

### Projekt in samenwerking met:

**Christelijke MTS**

**Rotterdam - Schiebroek**

### Medewerkers aan dit projekt

(leerlingen) :

Jan Prins

John Maljaars

Theo Poley

Eddy Burger

Cas Bontenbal

Begeleiding :

de heer Verkuyl (docent)

De werkopdracht is als volgt te omschrijven :

a. Maak een werkend model van een eerder ontwerp van SK electronics, de A-10 versterker, ter vergelijking.

b. Verricht daar een aantal metingen aan.

c. In het nieuwe ontwerp, de A-15, worden in ieder geval twee zaken gewijzigd :

1. het ingangscircuit van de eindversterker wordt in klasse-A ingesteld.

2. er moet een nieuwe actieve spanningsversterker ontwikkeld worden tussen het ingangscircuit en de stroomversterker van de eindtrap.

d. maak alle tekeningen en print lay outs alsmede een kastontwerp.

Om praktische redenen hebben we een aantal malen de ontwerpvolgorde moeten wijzigen.

### Ontwerpvoorwaarden

We willen een geïntegreerde versterker ontwerpen die de signalen van de verschillende muziekbronnen zodanig versterkt, voldoende om een redelijk niveau in de huiskamer te bereiken. De versterker zal dus in ieder geval een volumeregelaar en een keuzeschakelaar bevatten, waarmee tussen de verschillende muziekbronnen kan worden geschakeld en voorts een voorversterker voor weergave van grammofonplaten.

De versterker zal een typisch produkt moeten worden van SK Electronics, met een zo muzikaal mogelijke weergave, waarmee je bij het luisteren naar muziek de verschillende instrumenten kunt plaatsen in de ruimte.

Een elektronisch produkt moet voldoen aan een aantal vooraf gestelde voorwaarden. In grote lijnen zijn dat bijv. :

a. Prijsstelling t.o.v. andere produkten in de markt

b. Vormgeving

c. Bedieningsgemak

d. Technische specificaties

e. Kwaliteit

## Inleiding

Voor het praktikum werkstuk (van een MTS) wordt meestal uitgegaan van een al bestaand ontwerp, zoals dat bijv. in de elektronica vakpers beschreven wordt. Daarbij wordt gebruik gemaakt van gepubliceerde schakelingen (schema's) en print lay outs.

In dit geval werd een bestaand ontwerp ingrijpend gewijzigd. De schakeling werd gewijzigd. Er zijn nieuwe lay outs vervaardigd en er is een kastje ontworpen. In de verschillende fasen is er gemeten en geluisterd. De metingen waren zeer tijdrovend en de eisen aan de printontwerpen waren ook zodanig dat hier veel tijd in ging zitten. Het hele projekt duurde 6 maanden.

De leerlingen beschikten over de tekst en de tekeningen die in dit nummer onder de titel "STAGE" zijn te vinden.

De firma **SK electronics** te Rotterdam zal de definitieve schakeling als bouw pakket in de handel brengen.

f. Nieuwe (schakel-)mogelijkheden of toepassing van nieuwe produkten (onderdelen) resp. produktietechnieken.

In ons geval is de volgorde wat anders. Het produkt is bedoeld voor de hobbyist ofwel de elektronica doehet-zelver. Waar het die hobbyist in hoofdzaak om gaat is de prijs, goedkoper dan een kant-en-klaar produkt(!), en pas daarna de kwaliteit en dat vooral in gehoormatig opzicht. De vormgeving is minder interessant.

De volgorde van de ontwerpcriteria hebben wij als volgt gekozen :

- a. kwaliteit (gehoormatig)
- b. prijsstelling
- c. toepassing van nieuwe schakeltechnieken
- d. technische specificaties
- e. vormgeving

Het één is niet los te zien van het ander en zoals later in dit verslag zal blijken zijn we in een volgend stadium op onze schreden terug gekeerd en hebben we die volgorde weer veranderd.

Nieuwe schakeltechnieken hebben bijv. prijskonsequenties en het kan later blijken dat we daar water bij de wijn van de gehoormatige kwaliteit en/of de mogelijkheden en/of het bedieningsgemak moeten doen.

### Marktpositie:

Er zijn verschillende soorten audioprodukten op de markt. Enerzijds is er de goedkope midiset in allerlei maten en kleuren, die in ieder huishouden past. Met twee luidsprekertjes in de boekenkast levert dit een aardig geheel op dat niet al te veel geld kost.

Daarnaast kan je ook losse audiocomponenten kopen en hiermee zelf een stereoinstallatie samenstellen, die aan je eigen persoonlijke eisen voldoet. Dit levert voor het oog een minder fraaie opstelling op, maar het zal veelal voor het oor een stuk muzikaler klinken. SK Electronics gaat, zoals ook enkele andere fabrikanten, nog een stapje verder door te proberen de muziek zo natuurgetrouw mogelijk weer te geven en het net lijkt alsof je de opname zelf bijwoont.

Omdat we de prijs redelijk laag willen houden bij een kleine productie zullen we het ontwerp als zelfbouwkit uitvoeren. Dit houdt in dat het ontwerp redelijk eenvoudig na te maken moet zijn en dat iedereen met een soldeerbout de kit in elkaar kan zetten.

## Model A-10

De A-10 is een versterker waarvan de eindtrap (gedeeltelijk) in klasse-A is ingesteld. Voor het overige is de schakeling zo eenvoudig mogelijk gehouden er van uitgaand dat elke component in een audioketen de kwaliteit (negatief) kan beïnvloeden.

In de A-10 werd voor elk kanaal een verschillende configuratie toegepast. Als in het muzieksignaal een "boem" of "klap" voor komt dan zullen beide versterkerkanalen steeds een verschillende zijde van de voeding belasten en wel tegelijkertijd.

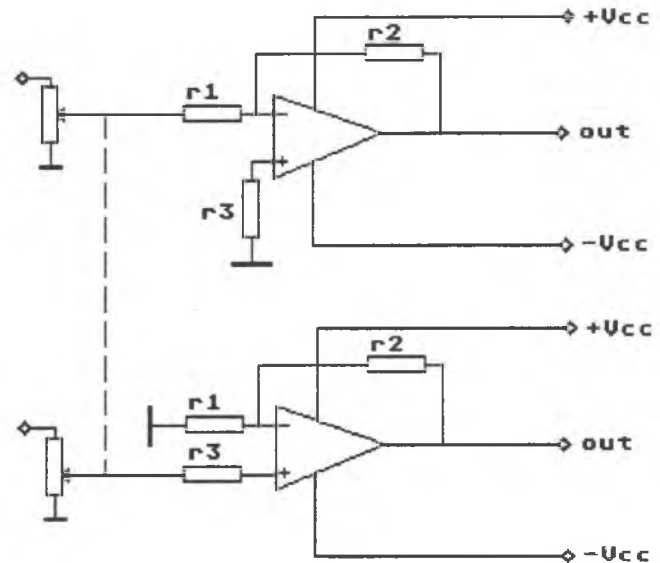


fig. 1 ingangs-configuratie van de A-10

Om het ontwerp betaalbaar te houden werd een voedingstransformator toegepast met één secundaire wikkeling voor de voeding van beide kanalen. De spanning wordt gelijkgericht en afgevlakt en beide kanalen staan parallel op de voeding aangesloten. Echter het ene kanaal staat in tegenfase zoals in fig. 1 te zien is.

Bij weergave van een (mono) klap zal het ene kanaal de negatieve Vcc belasten en het andere de positieve. Ondanks de betrekkelijk kleine voeding gedraagt het systeem zich dan toch zeer dynamisch. Aan de configuratie zoals hierboven kleeft echter een nadeel. De ingangsimpedantie van de kanalen is verschillend. In het niet-inverterende kanaal wordt de ingangsimpedantie bepaald door de waarde van r3 (het IC heeft een fet-ingang en is zeer hoogohmig). Voor r3 werd een waarde van 100 kOhm gekozen. In het inverterende kanaal hebben we op de min-ingang een zgn. "virtueel aardpunt". De ingangsimpedantie wordt bepaald door de waarde van r1. Die kan niet al te hoog gekozen worden daar anders de tegenkoppelweerstand r2 te groot wordt. Het gevolg van een en ander is dat beide kanalen iets verschillen. De ingangen zijn direct aangesloten op de looper van een logaritmische potentiometer. Het resultaat is dat bij verschillende standen van de potmeter het uitgangsniveau van beide kanalen omstreeks 1 dB kan verschillen. In de A-15 willen we dat anders doen.

Een ander probleem is dat bij gebruik van één voeding voor twee kanalen er het gevaar bestaat van een "bromlus". Het bromniveau is in zo'n geval altijd wat hoger dan met gescheiden voedingen. In de A-10 is tussen de twee kanalen op de printplaat een heel breed aardvlak gemaakt. Ook in de A-15 zal dat zo moeten gebeuren.

De eindversterker van de A-10 is als volgt opgebouwd

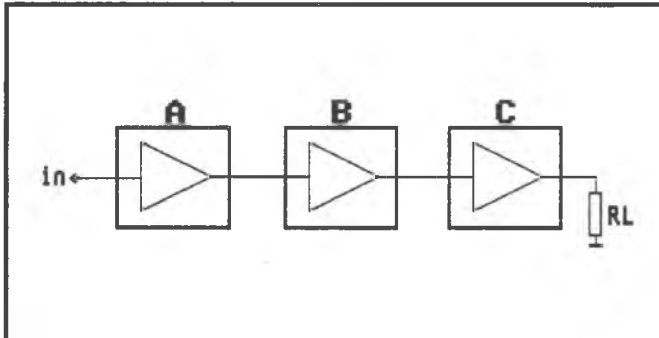


fig. 2

*A=spanningsversterker*

*B=emittervolger*

*C=stroomversterker*

Voor A wordt een operationele versterker, de TL-071 toegepast. Dit IC "klinkt" beter dan de meeste andere, ook in relatie voor de prijs. Er zijn ook wel IC's verkrijgbaar die op één of meer punten beter werken dan deze, zoals de veel snellere OPA-27, echter daarvan bedraagt de prijs omstreeks het tienvoudige. De TL-071 steekt in de volgende opzichten gunstig af bij de naaste concurrenten :

1. grotere bandbreedte
2. hoge (fet-)ingansimpedantie
3. laag ingangsruisniveau

Door de grotere bandbreedte "klinkt" het IC, vooral in de hoogste oktaven, "schoner" dan veel andere IC's. Dat valt als volgt te verklaren.

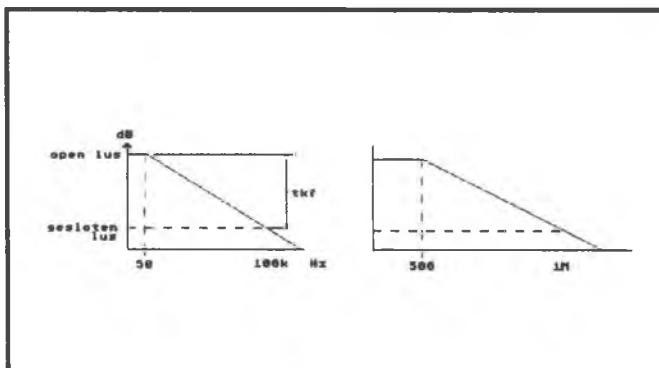


fig. 3

Bij de meeste IC's ligt het "open-lus-kantelpunt" op omstreeks 50 Hz. Door inwendige capaciteiten en compensaties neemt daarboven de versterking met 6dB/oktaaf af. Dat betekent op het eerste gezicht niet zoveel, omdat we voor audio-signalen ruim voldoende versterking overhouden. Het is echter wel zo dat de tegenkoppel-faktor voor iedere frequentie verschillend is.

Het gevolg is dat de harmonische vervorming (THD) bij toenemende frequentie toeneemt. Bovendien verandert de fase iets bij toenemende frequentie. Dit alles is duidelijk te constateren bij de meeste (en niet alleen goedkope) Japanse versterkers. Het gevolg voor de hoorbare kwaliteit kan zijn dat het stereobeeld "vaag" wordt. Je kunt niet duidelijk horen waar een instrument in het geluidsbeeld staat.

## Basisschakeling

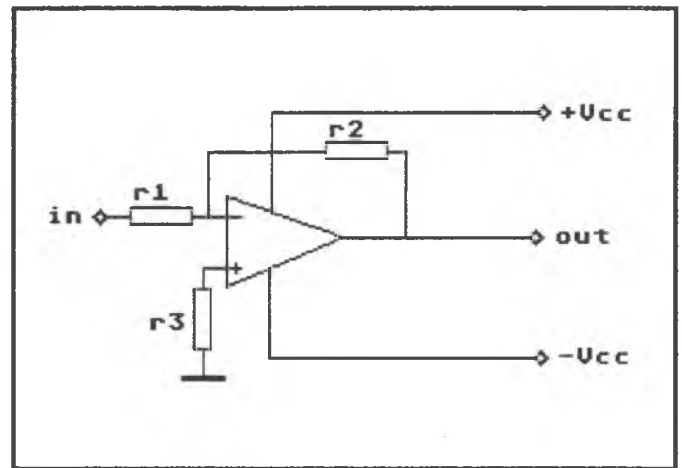


Fig.4 versterkertrap met op amp

Hier zien we de basis-configuratie van een versterkertrap met een operationele versterker. De versterking wordt bepaald door de verhouding van twee weerstanden. De ingansimpedantie wordt bepaald door de ingangswaerstand.

Op de inverterende(-) ingang hebben we een virtueel aardpunt. Dit kan gunstig zijn in verband met de storingsonderdrukking. Een operationele versterker onderdrukt bovendien (door zijn differentiaal configuratie) storingen die vanaf de voedingslijn in de versterker zouden kunnen doordringen. In de specificatie wordt dat "common mode rejection ratio" genoemd. In de praktijk ligt die waarde tussen 60 en 80 dB.

Op het eerste gezicht ziet het er eenvoudig en doelmatig uit. Er kleven echter wat nadelen aan de zaak :

1. Bij gebruik van meerdere trappen zullen die elkaar via de voedingslijnen beïnvloeden.
2. Bovendien kan "vervormings-overspraak" optreden.
3. De uitgangstrap van het IC is in klasse-B (en soms



zels C) geschakeld waardoor cross-over-vertorming kan optreden.

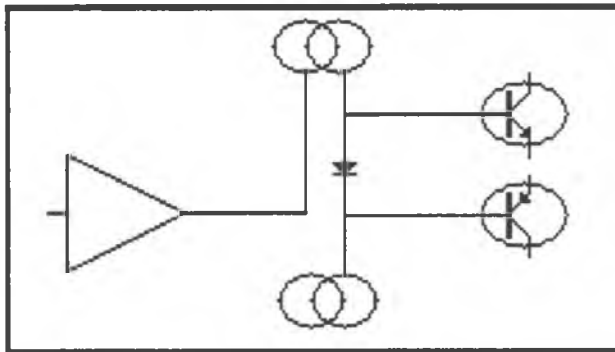


fig. 5 Uitgangs-configuratie van een op-amp

De eerste twee punten kunnen we te lijf gaan door elke versterkertrap apart te ontkoppelen. Hieraan kleeft het nadeel dat de ont koppelcondensatoren de eventuele wisselspanning superponeren op de aardverbinding. In de praktijk hebben aardbanen op printplaten (en de bedrading vanaf de voeding) een kleine impedantie. We kunnen dit onderdrukken door twee aardbanen te gebruiken, die slechts in de voeding bij elkaar komen. Dus een aparte aarde voor alle ont koppelingen en een aarde voor de signaalreferentie. Dit laatste heeft wel een prijskonsekwentie; er zijn meer condensatoren nodig en de printplaat wordt groter.

Het derde punt heeft nog wat andere bijkomstige verschijnselen. Omdat de uitgangstrap geen of weinig stroom voert blijft de temperatuur laag. De temperatuur zal nu gaan wisselen afhankelijk van de signaalspanning. Dit temperatuur-effekt is bovendien traag en ijlt na. 1)

## Thermische Vertorming



fig. 6 naijleffekt van de temperatuur

N.B. Dit is geen weergave van een blokgolfamplitude, maar van het temperatuurverloop in de transistor.

Hierdoor zullen een aantal parameters voortdurend verschuiven. De Ccb collector-basis capaciteit is afhankelijk van de temperatuur en bij wisselend signaal, zoals muziek, zal er een "wandelend" kantelpunt ontstaan. Het gevolg daarvan is weer faseverschuiving in het doorlaatgebied. Ook zal bij toenemende temperatuur de basis-emitter drempel lager worden en als gevolg daarvan de collectorstroom toenemen.

Bij wisselend signaal krijgen we op die manier een variërende (open-lus) versterking en een variërende tegenkoppel factor. Let wel, de gesloten lus versterking blijft hetzelfde. Het gezamenlijk effect wordt "thermische vertorming" genoemd.

## Stroomspiegel

Door nu een stroom uit de uitgang van het IC te trekken bereiken we dat het IC zichzelf opwarmt. Daardoor zal de "thermische" vertorming afnemen en de kantelpunten worden stabiel. Een bijkomend verschijnsel is dat de schakeling "sneller" wordt en de bandbreedte wordt ook iets groter.

De uitgangsstroom kunnen we introduceren door een weerstand van de uitgang naar een van de voedingslijnen te plaatsen.

Dat heeft echter het nadeel dat de stroom mede afhankelijk is van de uitgangsspanning. Een betere oplossing is het toepassen van een stroombron. Een gewone stroombron is echter afhankelijk van de temperatuur. Om die reden gebruiken we de schakeling van figuur 7 : een stroomspiegel. 2) 3) 4)

In een stroomspiegel compenseren de beide transistoren elkaar voor temperatuurschommelingen. We vinden dergelijke schakelingen vaak in IC's. De stroom wordt bepaald door R, waarbij we rekening moeten houden met de basis-emitterspanning van de tweede transistor.

Door twee emitterweerstand te gebruiken lineariëren we de schakeling. Die weerstanden kunnen een kleine waarde hebben, bijv. 47 of 100 Ohm.

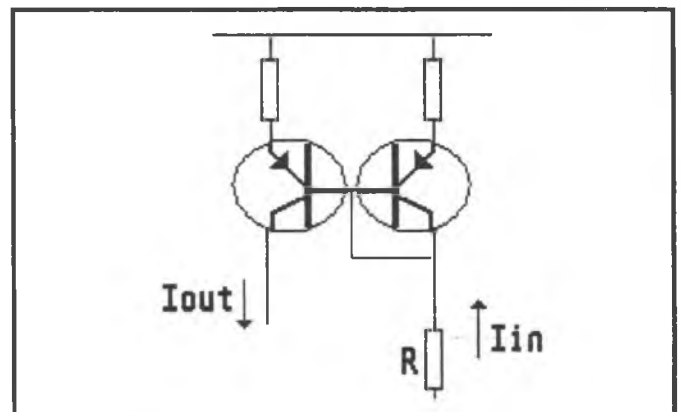
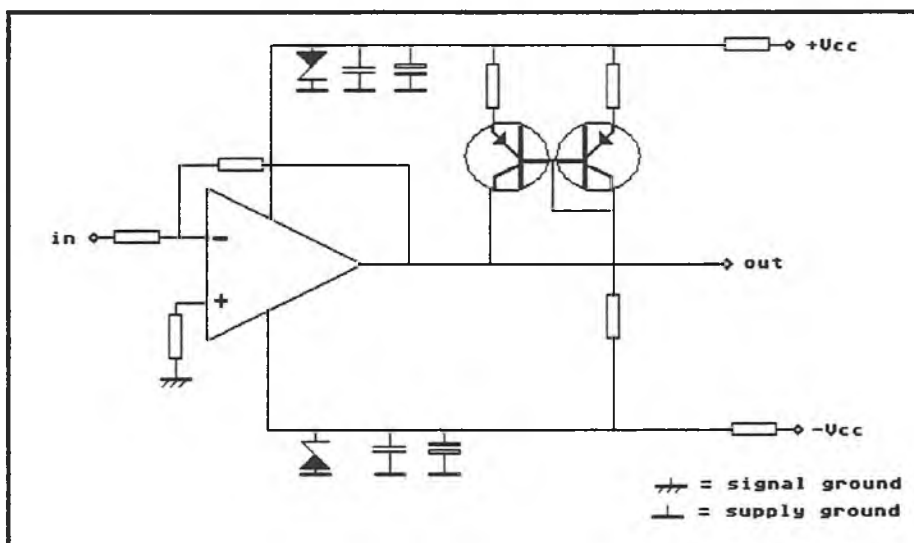


fig. 7 stroomspiegel

Noten :

- [1] *Hephaistos, La Distorsion Thermique, l'Audiophile no. 33, 1984.*
- [2] *RCA Application Note CA 3080 "OTA", 1972*
- [3] *Peter van Willenswaard en John van der Sluis, Ontwerp eindversterker M-25, Audio & Techniek 1983.*
- [4] *B. Wilson, Current Mirrors, Wireless World 1981.*



figuur 8 *praktische schakeling van een op amp met een stroomspiegel-belasting*

Een praktische schakeling vinden we nu in fig. 8. Zoals te zien is wordt de voeding rigoreus ontkoppeld door parallel-schakeling van een zenerdiode, een electrolytische condensator en een gewone condensator. De voedingsaarde is geheel gescheiden van de signaal-aarde. Dit laatste heeft alleen zin indien de toegepaste condensatoren van goede kwaliteit zijn. Uit verschillende onderzoeken en uit ervaring bij SK Electronics is bekend dat er grote hoorbare verschillen zijn tussen de verschillende fabrikaten condensatoren, vermits de schakeling een goede kwaliteit biedt.

N.B. Een verschil is ook hoorbaar indien het diëlectricum dikker is. Datis vaak het geval als de aangegeven toelaatbare spanning hoger is.

De ontkoppelcondensator is polypropyleen, wat ook voordelen heeft boven polyester of polycarbonaat. Sommige (Franse) ontwerpers gaan nog verder en ontkoppelen bovendien ook nog met polystyreen. Alle weerstanden zijn metaalfilm. Het is mogelijk daar nog verbetering in aan te brengen door inductie-arme geperste koolweerstand toe te passen. Die zijn in goede kwaliteit echter nauwelijks verkrijgbaar en heel duur.

Luisterproeven hebben aangetoond dat deze schakeling inderdaad beter voldoet dan de eerder gebruikte volkomen identieke schakeling m.u.v. de stroomspiegel. Zoals min of meer verwacht leveren metingen aan de schakeling weinig verschil op met de oude configuratie.

De (open lus) bandbreedte zal wat groter zijn, echter dat valt in tegengekoppelde toestand nauwelijks te meten. Wel te zien is dat het impulsgedrag wat verbetert (met een blokgolf en een oscillograaf).

De voordelen zijn dat het geluid bij hoge tonen "sneller" en "schoner" klinkt. Dat valt vooral op bij bijv. bekkens, die natuurgetrouwer klinken.

Ook in het middengebied klinkt het beter hoewel dat laatste heel subtiel is en alleen met heel goede luidsprekers te beluisteren valt.

## Spanningsversterking

In de A-10 werd het IC gevolgd door een emittervolger en daarna door een (power-fet) source-follower. Die schakeling heeft het nadeel dat de maximale uitgangsspanning bepaald wordt door :

- de maximale uitgangsspanning van het IC
- het verlies door de drempel van de emitter volger
- het verlies in de gate-source drempel van de fet's

Om die reden is het maximaal vermogen slechts 10 Watt aan 8 Ohm (9 Veff.). Daar de schakeling geen stroombegrenzing heeft levert hij wel hogere vermogens in lagere impedanties.

Het IC staat op een vrij hoge Vcc (+ en -18V) aangesloten en moet 22x versterken. Dat is op het randje van het toelaatbare. Zo'n IC voldoet beter indien het minder hoeft te versterken, terwijl bij maximale uitsturing de begrenzing van het IC hoorbaar gaat werken.

De gunstige eigenschappen van de A-10 willen we niet kwijt. Eén van die eigenschappen is dat ook "moeilijke" luidsprekers met gemak aangestuurd worden. Bij impulsbelasting wil de impedantie van een moderne luidspreker nogal wat lager zijn dan bij de specificatie wordt opgegeven (8 Ohm bij 1000 Hz). Op de wisselfrequenties van het wisselfilter en bij lage frequenties zullen de meeste luidsprekers een impedantie hebben van 3 à 4 Ohm en in sommige gevallen zelfs 1,5 à 2 Ohm. Om dezelfde akoustische output te krijgen dient dan wel een konstante spanning aangeboden te worden en dientengevolge een navenant grote stroom.

Veel versterkers kunnen deze verschijnselen niet aan wat subjectief resulteert in minder dynamisch geluid.

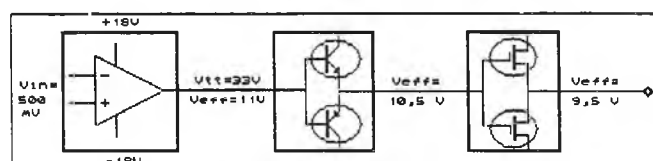


Fig. 9 *verloop van de spanningsversterking in de A-10*

We willen nu in plaats van de emittervolger een actieve spanningsversterker maken. Het IC hoeft dan slechts 4 of 5 keer te versterken en de overige signaalversterking wordt verzorgd door het discrete deel. De gewenste uitgangsspanning is omstreeks 12 Volt en het discrete deel hoeft daarom slechts 5 keer te versterken. Het vermogen wordt dan maximaal 18 Watt in 8 Ohm.

We zouden kunnen kiezen voor een differentiaal versterker, gevolgd door een enkele transistor.

De differentiaal onderdrukt eventuele storingen uit de voeding, echter het geheel is asymmetrisch. Dezelfde schakeling kan omgeklapt worden, zodanig dat we een dubbele differentiaal krijgen. Daarvoor is echter relatief veel elektronica nodig. We proberen daarom deze spanningsversterker wat eenvoudiger te houden.

We kwamen op de schakeling in figuur 10. De werking daarvan is heel eenvoudig en kan op eenvoudige wijze berekend worden.

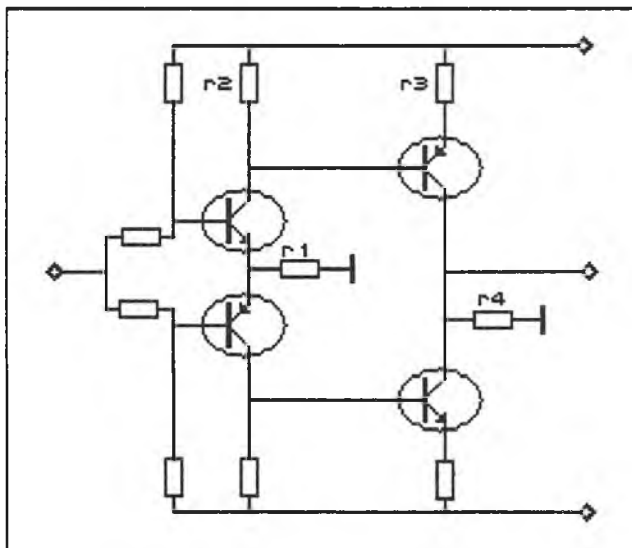


Fig.10 *symmetrische spanningsversterker met 4 transistoren*

De versterking in de eerste trap wordt bepaald door de verhouding van  $r_1$  tot  $r_2$ , terwijl de verhouding van  $r_3$  tot  $r_4$  de versterking van de tweede trap bepaalt. De tegenkoppeling is "lokaal", waardoor we weinig last van "tijdsverschijnselen" zullen hebben. In noodgevallen kan nog een tegenkoppeling gemaakt worden tussen uit- en ingang. Om tegenkoppeling te kunnen gebruiken moet dan wel de versterking per transistor hoger gekozen worden. Het gevolg is dat de transistoren minder "lineair" werken, wat mogelijkterwijs door de tegenkoppeling weer schoongepoetst wordt.

### Eerste Fase

In eerste instantie is de schakeling op een prikbord uitgeprobeerd en gemeten. Op de vervormingsmeter leverde dat, met voorgeschakeld IC en powerfet's erna, een totale vervorming op van 1%. Dat is in hoofdzaak 2e harmonische.

Het aandeel van de oneven harmonischen was bij kleine vermogens (3 Watt) zelfs niet te vinden en bij vol vermogen omstreeks 0,2 %.

We hebben hetzelfde uitgeprobeerd met tegenkoppeling. De THD zakt dan naar 0,4 %, het merkwaardige is echter dat dat in hoofdzaak oneven 3e harmonische is. Dat nu is muzikaal onnatuurlijk en ongewenst. We zullen daarom trachten de schakeling te realiseren zonder tegenkoppeling.

Overigens dient wel opgemerkt te worden dat de meetopstelling niet ideaal was. De gebruikte generator was een oudere buizenschakeling van Philips, die nogal wat brom introduceerde en ten minste 0,3 % (even) harmonische vervorming. Bij het meten op een prikbord heb je bovendien te maken met veel extra bedrading en instraling van storingen.

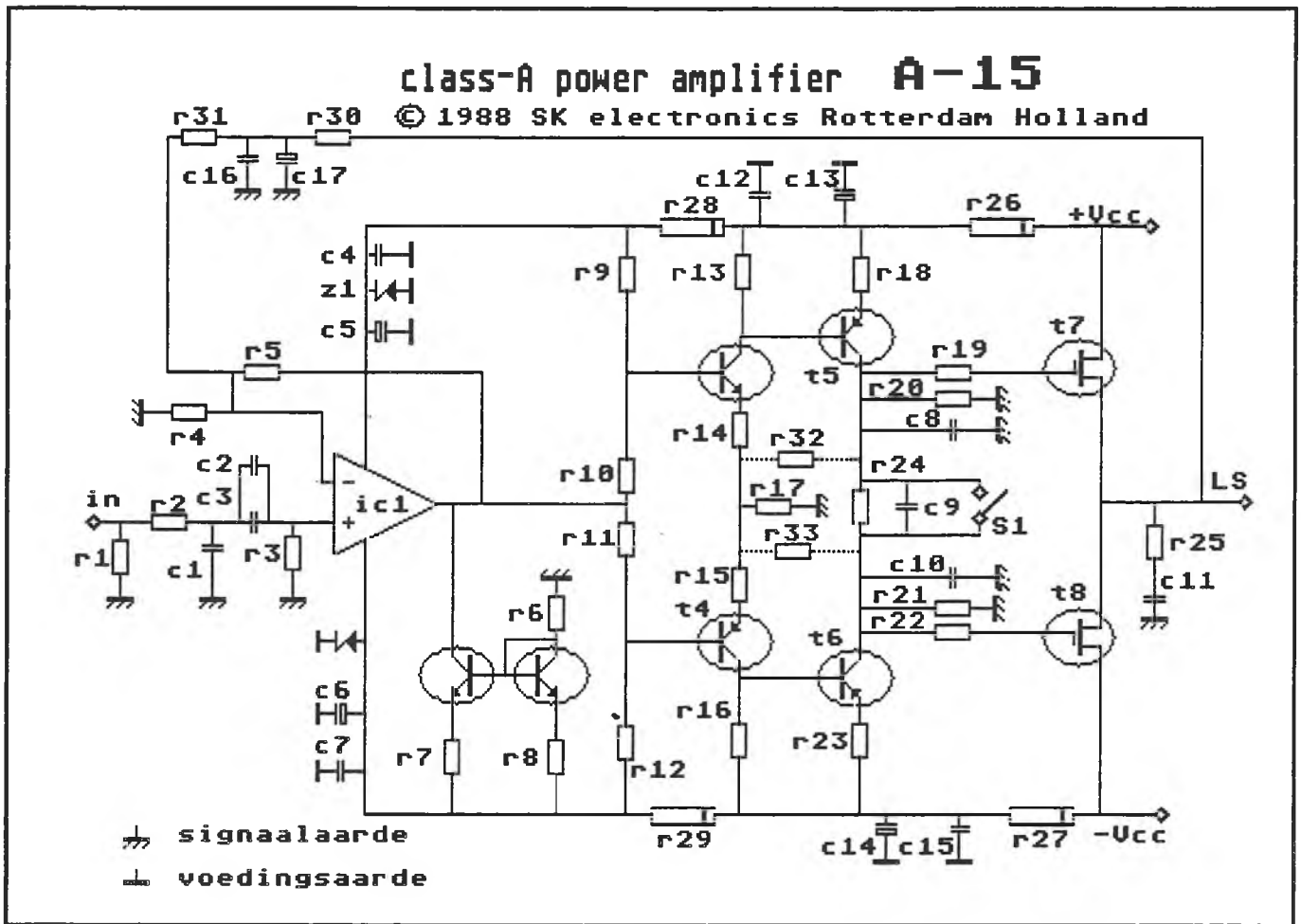
Op grond van de ervaringen werd een voorlopig schema gemaakt, zoals te zien in fig. 11. Daarvan uitgaand werd een eerste proefprint vervaardigd. Bovendien bleek het mogelijk binnen de gewenste kastafmetingen meer elco's voor de voeding te gebruiken. Er werd daarom, bij wijze van experiment ook een nieuwe voedingsprint ontworpen.

In de voorlopige schakeling werden de tegenkoppelweerstand R32 en R33 voorzien, zodat we de keus hebben ze al dan niet te gebruiken. De voeding van de transistoren  $t_3$  t/m  $t_6$  is extra ontkoppeld daar deze schakeling wat gevoeliger is voor spanningsvariaties. R2 vormt met  $c_1$  het ingangfilter op omstreeks 100 kHz. Dit voorkomt dat het IC gaat slewen. Aan de collectoren van  $t_5$  en  $t_6$  zijn ook twee netwerken voorzien. Enerzijds vormen die een extra kantelpunt, zodat de fet's niet overmatig snel aangestuurd worden, terwijl bovendien een capacitieve (fasedraaiende) belasting aan de uitgang weinig invloed meer kan hebben op de werking van de spanningsversterker.

### Normatuur

De tekening van figuur 11 voldoet niet aan de huidige (Nederlandse) norm. We hebben hem daarom over getekend om daar wel aan te voldoen. <sup>5</sup>

[5] *Opmerking : Helaas zijn er nogal wat verschillen in tekennormen. De schema's uit Engeland, Duitsland, de VS en Japan worden alle met verschillende symbolen getekend. Er is nu een nieuwe internationale norm IEC 617 die in Nederland geadopteerd is door de Ned. normalisatie NEN. Desondanks blijven de verschillen helaas groot!*



figuur 11 voorlopige proetschakeling A-15

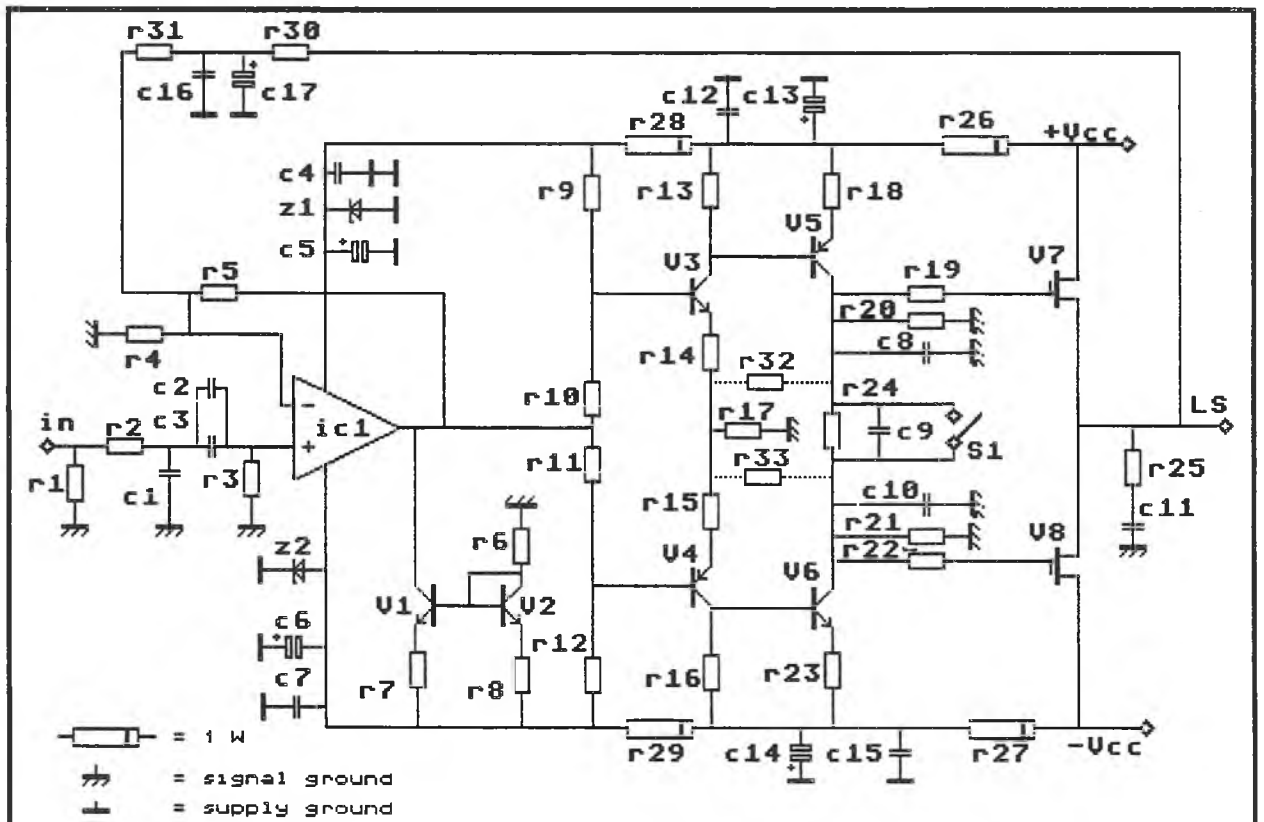


fig. 12 idem als fig. 11 echter vlg. NEN

### Onderdelenlijst 1e proefschakeling

R 1 - 100 K	R 17 - 22
R 2 - 1 K	R 18 - 220
R 3 - 100 K	R 19 - 150
R 4 - 10 K	R 20 - 10 K
R 5 - 10 K	R 21 - 10 K
R 6 - 6,8 K	R 22 - 150
R 7 - 100	R 23 - 220
R 8 - 100	R 24 - 270
R 9 - 12 K	R 25 - 10
R 10 - 1 K	R 26 - 47
R 11 - 1 K	R 28 - 470
R 12 - 12 K	R 29 - 470
R 13 - 1 K	R 30 - 10 K
R 14 - 220	R 31 - 10 K
R 15 - 220	R 33 - 27 K
R 16 - 1 K	R 34 - 27 K
C 1 - 180 pF	C 10 - 180 pF
C 2 - 2,2 uF	C 11 - 100 NF
C 3 - 47 NF	C 12 - 470 NF
C 4 - 470 NF	C 13 - 220 uF
C 5 - 220 uF	C 14 - 220 uF
C 6 - 220 uF	C 15 - 470 NF
C 7 - 470 NF	C 16 - 47 NF
C 8 - 180 pF	C 17 - 10 uF
C 9 - 470 NF	
IC 1 - TL 071	
T 1 - BC 550	
T 2 - BC 550	
T 3 - BC 550	
T 4 - BC 560	
T 5 - BD 140	
T 6 - BD 139	
T 7 - 2 SK 135	
T 8 - 2 SJ 50	
Z 1 - 15 V	
Z 2 - 15 V	

Deze onderdelen gelden voor de eerste versie van de versterker en de uitkomsten zijn niet gegarandeerd! De schakeling kan door elektronica enthousiasten eventueel verder verbeterd worden. Houdt dan rekening met het volgende :

De stroom door V3 en V4 is omstreeks 1,5 mA. De stroom door V5 en V6 is omstreeks 10 mA en door de eindtransistoren loopt 300 à 400 mA. Al die stromen hangen samen, dus als U de instelling van V3 verandert zal ook de stroom in de power fet's wijzigen. Wees hier voorzichtig mee!

### Meetgegevens 1e versie (figuur 12)

	A-10	A-15
Pout 8 Ohm (W)	10	18
4 Ohm (W)	17	25
2 Ohm (W)	19	25
THD 2 kHz		
15 W (%)	-	1,0
10 W (%)	1,1	1,0
3 W (%)	0,42	0,46
1 W (%)	-	-
THD 10 kHz		
15 W (%)	-	0,5
10 W (%)	0,6	0,5
3 W (%)	0,17	0,16
1 W (%)	-	-
S/N t.o.v. 10 W	65	76
idem gewogen	69	90
Slew Rate (V/uSec)	2	10
Stijgtijd (uSec)	6	3
Bandbreedte open loop (-1 dB)		5-30.000 Hz
idem closed loop		5-130.000 Hz

De meetgegevens zijn op een aantal punten gunstiger dan die van de A-10. De versterker is sneller en vervormt minder in het hoog. Bovendien verliest het nieuwe model maximaal 3 dB bij moeilijke belastingen, terwijl de A-10 6 dB verloor. Dat kan betekenen dat de basweergave wat strakker is.

Er was echter ook een probleem! Zonder tegenkoppeling was de bandbreedte slechts 30 kHz binnen 1 dB en omstreeks 60 kHz binnen 3 dB. Met tegenkoppeling was de bandbreedte 120 kHz binnen 3 dB. Het probleem zit in de aansturing van de BD's. De inwendige capaciteit (vergroot door het Miller effect) kan kennelijk niet op- en ontladen worden door de BC's. Een oplossing kan zijn het gebruiken van emittervolgers of darlington's i.p.v. de BD's.

Een positief punt is dat we het IC eigenlijk niet meer nodig hebben in de signaalweg. De versterking van de discrete transistoren is ruim voldoende. Voor de (beginnende) hobbyist is het echter wel prettig als er geen afregelpunten zijn. Daarom zou het IC louter voor de offsetcompensatie kunnen dienen.

In de vervorming was nog een restant van de voedingsrimpel te zien. De hoogte van het stoorsignaal kon worden beïnvloed door het verdraaien van de transformator. Echter ook op C13 en C14 was nog enige rimpel aanwezig. Dat kan worden onderdrukt door C13 en C14 te vergroten.

We gaan nog een experiment doen en nu met de schakeling vlg. figuur 13.

Zoals te zien zijn er wat minder componenten nodig. De verschillen zijn de volgende :

1. Geen ingangscondensator. Nu geheel DC gekoppeld dus geen fase draaiing in het laag.
2. Het IC is uit de signaalweg. Zo'n 20 transistoren minder in de signaalweg!
3. De stroomspiegel is niet meer nodig.

De hieruit volgende besparing kan gebruikt worden om een betere afvlakking van de voortrap te voorzien. In plaats van 220 uF zullen we nu 1000 uF toepassen.

Het alternatief van een dubbele bezetting van de voedingseleco's is nu eerder haalbaar zonder dat de totaalprijs de pan uit rijst.

In de figuren 14 en 15 zien we het verschil. Elk kanaal wordt vanuit een separate condensatorbank gevoed. Dat verbetert de basweergave bij zowel continu als pieksignalen. Indien slechts één kanaal extreem belast wordt dan wordt het andere kanaal nog even uit zijn eigen elco-bank gevoed.

De dioden in de twee bruggelijkrichters isoleren de kanalen van elkaar.

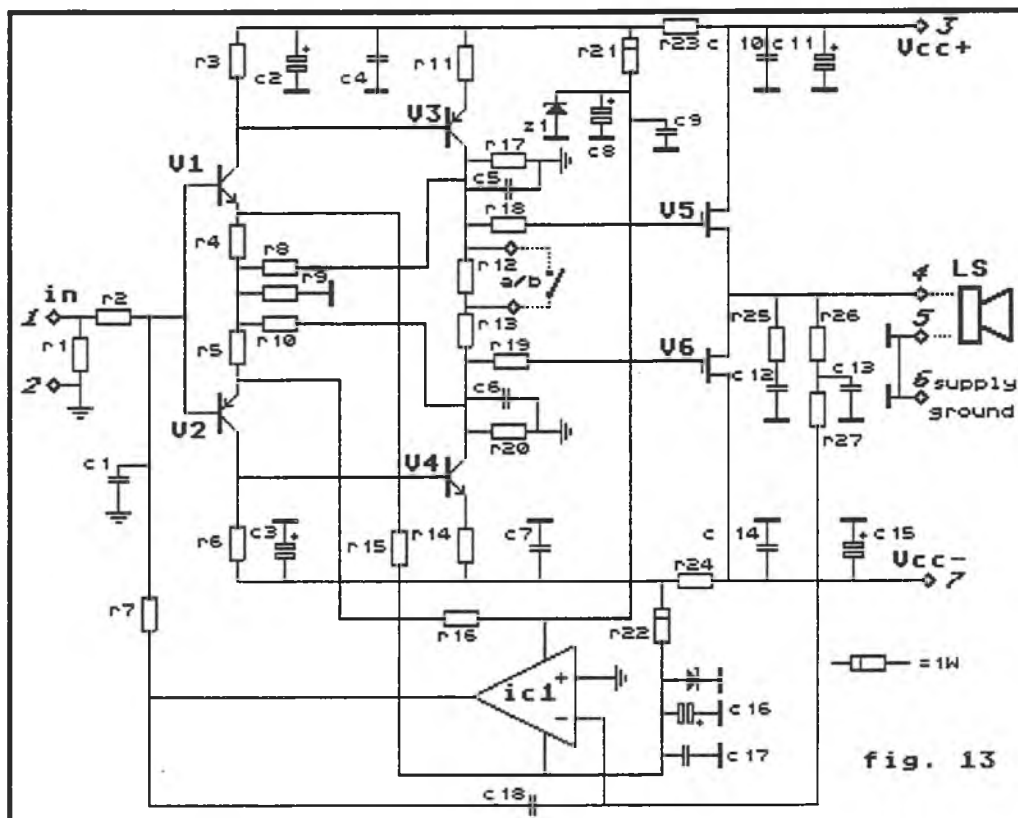
Een probleem blijft wel de aarding. Beide kanalen gebruiken een gezamenlijke aarde. Daardoor zou een bromlus kunnen ontstaan. Een mooiere oplossing zou zijn twee secundaire wikkelingen op de trafo te hebben, echter dat kost enkele tientjes meer.

### Experiment met darlington transistoren

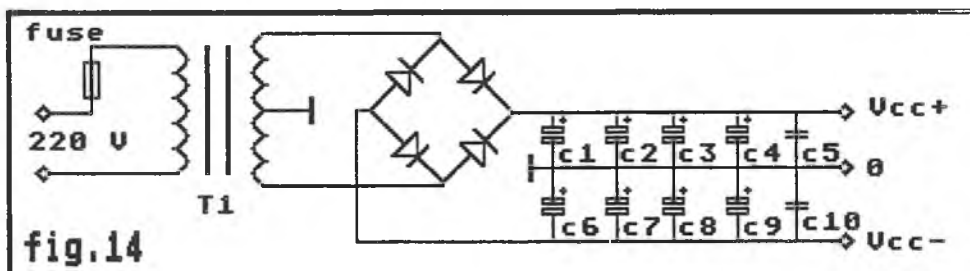
We hebben met de schakeling van figuur 12 nog verder geëxperimenteerd. De BD's V5 en V6 werden vervangen door darlington transistoren BD 684, 685. De weerstandwaarden werden aangepast voor de hogere drempel en er werd nogmaals gemeten. Het resultaat was enigszins teleurstellend. De open loop vervorming was iets lager echter ook het uitgangsvermogen werd lager. In de vervorming werden bovendien hogere (oneven) harmonischen zichtbaar. De bandbreedte nam *niet* toe! Ook hier was waarschijnlijk een hoge inwendige capaciteit debet aan. In de specificatie (Philips) was dat niet aangegeven. Wellicht zou het met andere typen wel beter kunnen, echter blijft het probleem van de uitgangsspanning ( $9 V_{eff} = 10 \text{ Watt}$  aan  $8 \text{ Ohm}$ ).

### Kastontwerp

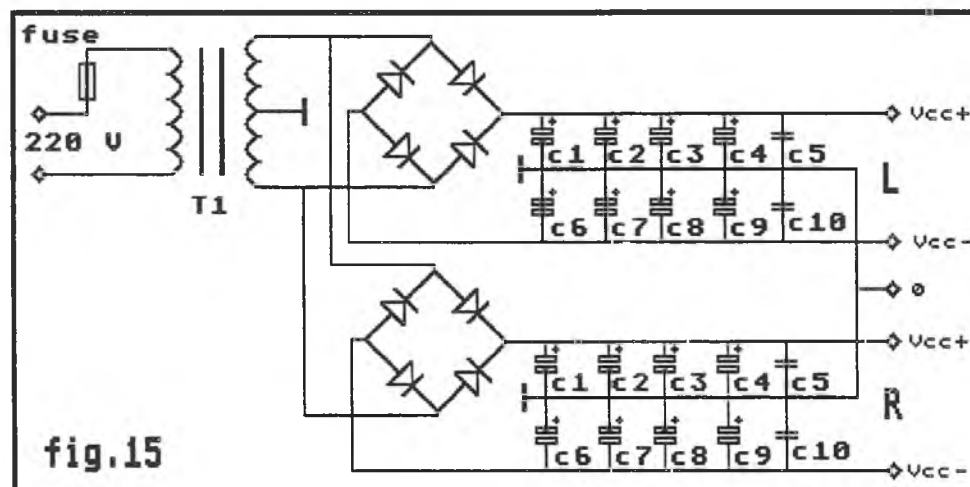
In het eerste proefstadium was het nuttig al een idee voor de konstruktie van de kast te hebben. Er werd een tekening en een proefchassis vervaardigd. Het aanzicht en de opstelling van de verschillende delen is te zien in de figuren 16 en 17.



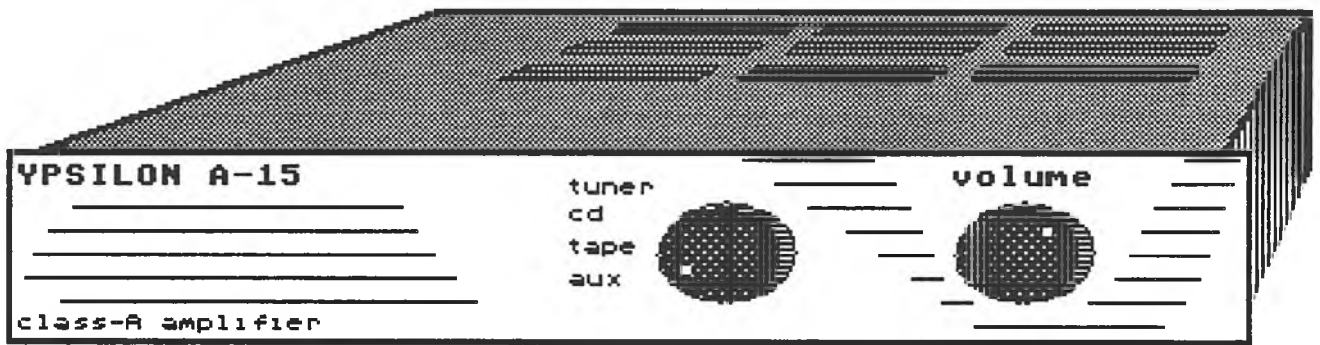
Figuur 13. Voorgestelde gewijzigde schakeling A-15



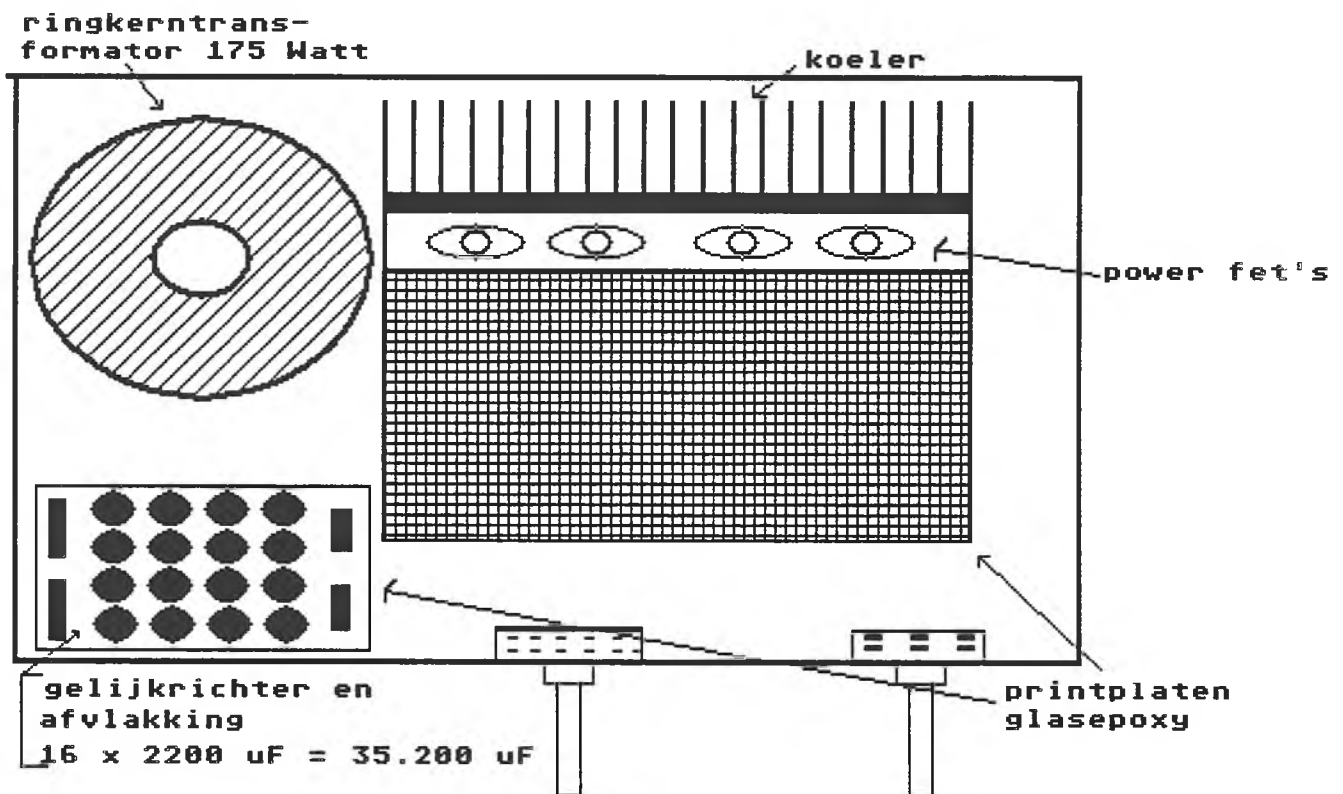
De voeding van de A-10



De voorgestelde voeding voor de A-15



Het vooraanzicht van de A-15.



Figuur 17. De inrichting van de A-15. De kastbreedte is teruggebracht van 44 tot 35 cm

In het volgende nummer van A&T komt de definitieve schakeling!

## ARTIS 150 JAAR – JUBILEUM CONCERT OP 9 MEI 1988

Je kunt je afvragen wat Artis met Hi Fi van doen heeft! Na enigszins verwonderd naar de Artis post gekeken te hebben bleek het een plezierige verrassing. Ter gelegenheid van het 150-jarig bestaan wordt er een benefiet concert gegeven in de grote zaal van het Concertgebouw. De avond is treffend getiteld "Carnaval des Animaux". Behalve Saint-Saens worden ook werken uitgevoerd van Rossini, Vivaldi en Tsjaikovsky. Uitvoerenden zijn o.m. Jaap van Zweeken, Ronald Brautigam, Fred Oldenburg, Thijs van Leer, Thea van der Putten, Rachel Ann Morgan en het Ned. Theatre Orkest o.l.v. Jules van Hessen. Presentatie Adriaan van Dis.

De opbrengst komt ten goede aan vernieuwingen en een uitbreiding van Artis. De prijs is fl. 150,- per persoon inclusief een drankje en een hapje.

# COMPONENTEN

## KABEL

Van de firma *Hamers Audio* te Klimmen ontvingen wij enkele meters audiokabel op proef. Het gaat hier om een kabel die zowel als Interlink als voor luidsprekers toegepast kan worden.

De opdruk van de kabel luidt: "*NEOPRENE Oxygen-Free-Copper Noiseless Cord*". De kabel bestaat uit twee binnenaders met daaromheen een afscherming en vervolgens een stevige isolerende mantel.

In en volgend nummer zullen we verslag doen van onze bevindingen.

Nu al kunnen we zeggen dat gezien de vraagprijs de kabel bijzonder interessant is. De prijs bedraagt omstreeks fl. 10,- per meter.

Importeur:

**Hamers Audio**

**Luiperbeekstraat 25 a**

**6349 PT Klimmen (L)**

**tel. 045-753509**

## POWER MOSFETS

We ontvingen een catalogus (short form) van Toshiba halfgeleiders waarin een paar interessante mosfets genoemd worden.

Daarnaast maakt Toshiba ook discrete transistoren zowel in de klassieke behuizingen als voor SMD.

Importeur:

**Alcom Electronics**

**Postbus 358**

**2900 AJ Capelle a.d. IJssel**

**tel. 010-4519533**

## OSCILLOGRAFEN

Van Gould ontvingen we een catalogus met daarin enkele bijzondere oscillografen. Deze meetinstrumenten, typen 3060, 3100 en 3150 verwerken het analoge signaal via een processor.

Op het scherm worden de ingestelde meetbereiken aangegeven, terwijl ook tijd, fase en spanning in cijfers weergegeven kunnen worden.

In de duurdere modellen is bovendien een frequentie teller voorzien.

Er kunnen 3 à 4 kanalen tegelijk bekeken worden en er zit in alle modellen een dubbele tijdbasis.

Importeur:

**Gould Instruments**

**Computerweg 4**

**3606 AT Maarssenbroek**

**tel. 03465-67423**

## ELECTROLYTISCHE CONDENSATOREN

Van BH Components ontvingen we een overzicht van (grote) electrolytische condensatoren. In het programma zijn elco's met capaciteiten tot 150.000 uF te vinden met goede specificaties. De elco's zijn leverbaar voor beugelmontage zowel als printmontage.

Importeur:

**Diode Nederland**

**Meidoornkade 22**

**3992 AE Houten**

## MINIATUUR RELAIS

SDS-Relais A.G. maakt miniatuur relais voor printmontage. Deze relais zijn zowel mono- als bistabiel verkrijgbaar. Bij audio toepassing kan men dus met een puls omschakelen waarna de relais spanningsloos blijven staan. Daardoor zal ook het eventuele stoorniveau klein zijn.

Importeur:

**Telerex Nederland**

**Postbus 6852**

**4802 HW Breda**

**tel. 076-879212**

## BEHUIZINGEN

Fischer Elektronik is een bekende fabrikant van behuizingen o.m. in 19 inch vorm en van koelers voor vermogenstoepassingen. In het programma zijn ook behuizingen te vinden die een geïntegreerde koeler vormen. (Dus het kastje is de koeler). De specificaties zijn te vinden in de catalogus Nr. 7 B 1988.

Importeur:

**Diode b.v.**

**tel. 03403-91234**

## INSTRUMENTKASTEN

Op een beurs zagen we de firma Krieg met standaard behuizingen voor computers. Er zijn voor Atari speciale behuizingen verkrijgbaar voor zowel het computerdeel als voor externe drives.

De prijzen bedragen resp. fl. 150,- en fl. 75,- excl. BTW.

Krieg maakt ook behuizingen op klantenspecificatie.

Importeur:

**Interscan**

**Irenestraat 10**

**5691 TT Son en Breugel**



# REDAKTIONEEL

Audio & Techniek werd eerder uitgegeven door de Stichting "Audio Research Center" te Rotterdam. De eerste uitgave verscheen in april 1982. De opzet was toen een kritisch geluid te laten horen en een klankbord te creëren voor ideeën op het gebied van audio-techniek, akoestiek en perceptie-onderzoek.

Na een moeizame start (het eerste nummer werd in een pottebakkersruimte getikt op een IBM bolkop schrijfmachine!) bleek al snel dat we de hulp nodig hadden van importeurs en handelaren. Om aan de vraag te kunnen voldoen moest een vrij grote oplage gedrukt en gefinancierd worden. Die financiering werd gerealiseerd door de verkoop van advertenties. Gezien de kritische opstelling was er nogal wat tegenwerking van de grotere importeurs en fabrikanten. Desondanks steeg de oplage gestadig. In 1985 hadden we de hoogst verkochte oplage van alle Nederlandse taalige tijdschriften. We hadden echter ook een probleem. De opstartkosten uit 1982 en 1983 werden niet terug verdiend. Dat leidde uiteindelijk tot het onzalige einde in de zomer van 1985.

De redactie besloot een eigen bedrijf op te richten en het blad verder uit te geven onder de titel "Audio & Muziek". Ook dat werd geen succes daar veel adverteerders deze omschakeling aangrepen om de advertentie contracten te schrappen. Daaruit volgde dat de redactieleden per nummer omstreeks fl. 5.000,- konden bijleggen en er geen salarissen betaald konden worden!

Intussen was er in 1983 als nevenactiviteit de firma Soundkit annex SK Electronics ontstaan. Onder deze noemer werden de uitgewerkte ideeën in de vorm van zelfbouwkits aangeboden aan de lezers. Na het verscheiden van Audio & Muziek ging SK Electronics op eigen benen verder. Er werden twee "Nieuwsbrieven" verzonden aan vaste klanten en belangstellenden. In die nieuwsbrieven stonden nieuwe ideeën en schakelingen. De nieuwsbrief was gratis en bood geen ruimte om alle schema's en beoordelingen te plaatsen.

Inmiddels bleven ons veel verzoeken bereiken om toch vooral Audio & Muziek weer uit te geven, daar de echt geïnteresseerde lezer in de Nederlandse audiopers nauwelijks bevrediging vond.

Dit is dan weer het eerste nummer. U moet bedenken dat dit blad voorlopig als pure hobby wordt gemaakt. De redactie wordt gevormd door enkele enthousiaste audio liefhebbers, ondersteund door de medewerking van enkele importeurs en handelaren.

De inhoud zal in de eerste nummers grotendeels bestaan uit schakelingen en beschrijvingen van nieuwe ontwerpen, zowel van eigen hand als van derden. Mocht U interessante bijdragen kunnen leveren aarzel dan niet en stuur het op (met vermelding van afzender en telefoon nummer).

Het volgende nummer is voor een deel al gereed en zal omstreeks mei 1988 verschijnen. Het is voor ons belangrijk te weten hoe groot we de oplage kunnen drukken. Daarom stellen we het op prijs indien U de onderstaande bon invult en aan ons opstuurt.

## BON

Ik ben geïnteresseerd in het blad Audio & Techniek en zou graag bericht ontvangen bij het verschijnen van het volgende nummer.

Naam en voorletters Adres .....

Postcode en Woonplaats .....

Telefoonnummer .....

In volgende nummers zou ik graag de volgende onderwerpen behandeld zien :

1. ....

2. ....

3. ....

Verdere opmerkingen :

.....

# LEVERINGSPROGRAMMA

## HI FI KOMPONENTEN

### BOUWSETS

#### A-20

PRINTPLAAT A-20 (MONO)	fl. 50,-
PRINTPLAAT VOEDING A-20	fl. 20,-
mono printplaat A-20 met elektronische componenten	fl. 200,-
mono voeding A-20 met transformator	fl. 130,-

#### A-15

PRINTPLAAT A-15 EINDVERSTERKER	
mono direct aansluitbaar op CD-TUNER-TAPE etc. (Geen pick up)	
leverbaar mei 1988	fl. 40,-
printplaat stereo voeding voor A-15	fl. 30,-
printplaat MM-voorversterker, aansluitbaar op de voeding van de A-15	fl. 30,-
Printplaat A-15 met componenten	fl. 125,-
stereo voeding voor A-15 met transformator	fl. 150,-
MM-voorversterker met componenten	fl. 90,-

#### Luidsprekers

voor luidspreker bouwsets zijn op dit moment geen prijzen vastgesteld.  
In het volgende nummer vindt U een volledige prijslijst met inbegrip van enkele nieuwe modellen.

#### SOFTWARE (voor Atari ST) alle double sided

- A-1 accessoires : RAM-DISK, Kopieer.prg's, timeset etc.
- D-1 Database
- T-1 Tekstverwerking
- L-1 Language LISP
- L-2 Language Forth
- L-3 Language Clips
- L-4 Lisp accessoires
- Art-1 Tekenprogramma's w.o. NEOCHROME, 1st Draw etc.
- G-1 Games Zwart-Wit Hoge resolutie w.o. schaakspel, 4-op-een-rij, pacman etc.
- G-2 Games kleur, Monopoly etc.

Prijns per disk	fl. 12,50
-----------------	-----------

#### Verzendkosten

printplaten en disks per zending	fl. 2,50
bouwpakketten	fl. 7,50
rembourszendingen	fl. 12,50

Bestellingen kunt U schriftelijk doen bij :

**SK Electronics - Postbus 748 - 3000 AS Rotterdam**

# BUIZEN SCHAKELINGEN

## nieuwe technieken

door John van der Sluis

### Inleiding

In "High End" kringen staan buizen weer volop in de belangstelling. Als je een audio speciaalzaak binnenloopt dan is het neusje van de zalm altijd een buizeninstallatie. Deze revival van de oude radiobuis begint in steeds meer kringen door te dringen en natuurlijk ook in de hobby-zelfbouw sfeer.

Mijn eigen ervaringen op dit gebied dateren uit de 50er jaren. Na mijn eerste kristalontvangers bouwde ik op 11-jarige leeftijd mijn eerste buizen-ontvanger met onderdelen van de rommelmarkt w.o. een A-415. Brom en ruis waren niet van de lucht, maar het werkte en beter dan wat ik daarvoor had.

Later werd het meer professioneel aangepakt en ik heb bijv. de bekende Williamson-versterker gebouwd en ook "Ultra-Lineaire" schakelingen. Na Philips uitgangstransformatoren kwam de U-70-BN van Unitran en dat was een hele vooruitgang. In die tijd waren er ook bouwdoosjes van Amroh die het leuk deden.

Eind vijftiger jaren gaf ik huisconcerten met een pseudo-stereo installatie. Dat ging nota bene met twee zeer verschillende luidsprekers. De een was een baskast en de ander had zelfs geen kast. Beide met de Philips luidspreker 9710M.

Het was een leuke en avontuurlijke tijd en de komst van echt stereo maakte het nog spannender. Er bleven een paar problemen : brom, ruis en slijtage! Vooral de eindbuizen waren kwetsbaar en de ingangsbuizen hadden last van mikrofonie.

### De Transistor

En toen kwam de transistor. "Solid State" noemden we dat in het begin. De State was misschien wel leuk, maar Solid was het geenszins. Om de haverklap waren de (germanium) transistoren defect. Ik liet speciale transistoren overvliegen uit Amerika, maar ook dat was geen onverdeeld succes. Bovendien was de ruis nog erger dan met buizen!

Met het silicium als basismateriaal (+/-1968) werd alles betrouwbaarder en ruisarmer.

Later met de komst van de plastic transistoren werd het nog goedkoop ook.

De buis? We lachten er om. Dat was iets voor ouderen, die uit nostalgie liever naar de "warme" klank van notenhouten kistjes luisterden. Een goede buizenversterker haalde met moeite 2% vervorming, terwijl wij al op minder dan 0,01% zaten. De frequentiekaracteristiek van een buizenversterker was verre van "lineaal-glad" en wij zaten binnen 0,1 dB van 20 Hz tot 40 kHz.

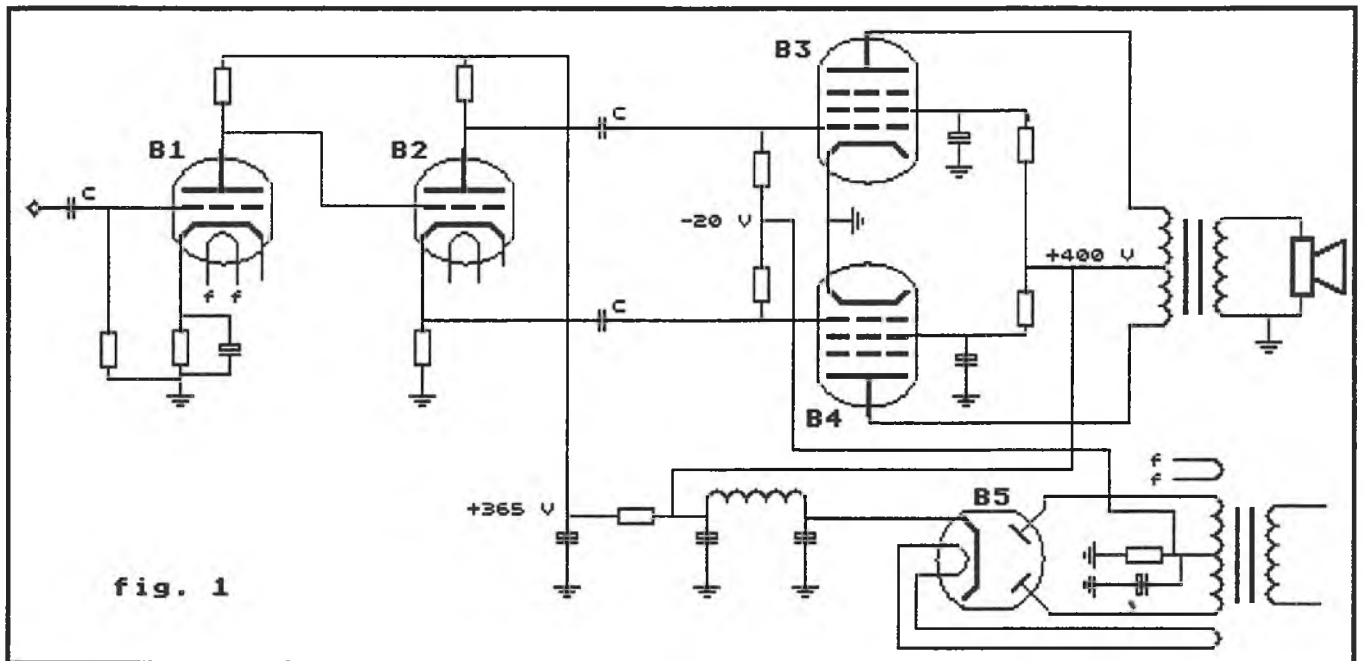
En natuurlijk kon het ook niet dat (een apparaat met zeer) slechte meetgegevens goed geluid opleverde.

Mis, mis driewerf mis. In onze onnoztheid gingen we voorbij aan het simpele gegeven dat ons gehoor meer hoort dan de meters aangeven.

Inmiddels (1972) hadden we een bouwdoosje gekonstrueerd met de naam "Hawk". Dat was een echte DC-versterker, dus met een ongelofelijke basweergave, zelfs uit een Quad elektrostaat! De vervorming was omstreeks 0,03% en de Japanners gingen nog verder; men kwam tot 0,0001% vervorming. Dat moest echt onhoorbaar zijn. Inmiddels weten we beter.

### Otala

In 1974 publiceerde Matti Otala, een Fin, zijn eerste artikel over Transient Intermodulatie Vervorming (TIM), waarin hij aantoonde dat een transistor niet het ideale versterker element is. Otala's betoog komt in het kort op het volgende neer. Een transistor is een nogal "krom" element met van nature een extreem hoge versterkingsfaktor. Wil je dat in de hand houden dan moet je tegenkoppelen en compensatienetwerken aanbrengen anders wordt de versterker instabiel. Hoe meer transistoren je gebruikt hoe meer versterking er is en hoe meer (overall) tegenkoppeling je kunt toepassen. Van buitenaf gezien en gemeten is daar niets mis mee. Echter binnen de lus (en zonder tegenkoppeling) is er met dergelijke schakelingen van alles mis.



figuur 1. Klassieke schakeling van een eindversterker

Een transistor vertraagt en de tegenkoppeling, waarmee het uitgangssignaal met het ingangssignaal vergeleken wordt, komt altijd *te laat*. Transistoren gaan dan bijv. "slewen" resp. lopen korte tijd vast tegen de voeding. Wilt U meer over dit onderwerp weten dan is dat te vinden in de "Journal of the Audio Engineering Society", kortweg JAES, 1974-1978. U kunt ook een aantal artikelen vinden in Radio Electronica en Radio Bulletin van de jaren 1978-1980.

Het bovenstaande doorredenerend kom je tot ontwerpen met zgn. "lokale" tegenkoppeling. D.w.z. dat iedere transistor van zijn eigen tegenkoppeling wordt voorzien en dus niet meer zo extreem versterkt. Bovendien kun je een schakeling zodanig ontwerpen dat hij ook zonder overall tegenkoppeling al goed werkt. Dat is na 1978 dan ook onze ontwerpvolgorde steeds geweest.

Het bovenstaande overwegende kwamen wij langzaam maar zeker tot de overtuiging dat het hier eigenlijk om de faktor "tijd" gaat. Een transistor heeft tijd nodig voor de overdracht van in- naar uitgang. Met het injecteren van elektronen in de basis komt een cumulatief effect op gang, een soort sneeuwbal effect, waarmee de collectorstroom toeneemt.

Later toonde Hephaistos in l'Audioophile aan dat "thermische vervorming" ook in de tijd plaats vindt. Hij toonde eveneens aan dat buizen daar nauwelijks last van hebben. Thermische vervorming kun je tegengaan door altijd een relatief grote stroom door de transistor te laten lopen, zoals bijv. in klasse-A versterkers gebeurt. Wij lieten overigens in onze laatste voorversterkers ook grote stromen in de transistoren lopen, soms zelfs het tien- à twintig-voudige van wat gebruikelijk is.

## Buizenversterkers anno nu

De huidige "High End" buizenversterker verschilt nogal van wat we van vroeger kenden.

Een buis heeft de volgende (nadeelige) eigenschappen :

- hoge in- en uitgangsimpedanties
- versterkt maar een kant uit en refereert altijd aan de voedings-(aarde-) lijn
- wisselspanning op de gloeidraden introduceert brom
- hoge voedingsspanning en dus duurere componenten
- verschillend spanningsniveau tuss-

sen de trappen, waardoor op die plaats altijd koppelcondensatoren nodig zijn

De grote voordelen van buizen zijn de lineaire overdrachtskarakteristiek en de (t.o.v. de transistor) korte transfertijd.

In de huidige buizenversterkers vinden we veelal de volgende oplossingen :

- de hoogspanning wordt veel beter afgevlakt en eventueel gestabiliseerd
- de gloeispanning wordt gelijkgericht, afgevlakt en eventueel gestabiliseerd
- de koppelcondensatoren zijn van een veel betere kwaliteit dan vroeger (polypropyleen) en soms worden meerdere soorten parallel geschakeld

Veel fabrikanten gebruiken oude beproefde schakelingen, waarin bovengenoemde verbeteringen werden aangebracht. Een bijzondere ontwikkeling is wel dat op het gebied van audio transformatoren ook vorderingen zijn gemaakt. Zowel in Japan als in Engeland (Partridge) zijn nu uitgangstransformatoren te verkrijgen met een vrijwel lineaire overdracht tussen 20 Hz en 100 kHz.

Dergelijke transformatoren zijn wel bijzonder prijzig helaas en de meeste fabrikanten gebruiken relatief goedkope transformatoren.

In figuur 1 zien we zo'n oude schakeling. De geluidskwaliteit wordt in hoge mate bepaald door de condensatoren "C", de ontkoppelelco's voor de kathode van B1 en de negatieve voorspanning, resp. de uitgangstransformator. Een mogelijke verbetering is het toepassen van aftakkingen op de uitgangstransformator voor de schermroosters van de eindbuizen, waarmee de schakeling "ultra-lineair" wordt. Een panacee voor de eventuele onvolkomenheden is het toepassen van tegenkoppeling.

Daarmee daalt het vervormingspercentage, echter, net als in transistor schakelingen, moet je oppassen dat je met het kind het badwater niet weggooit. M.a.w. tegenkoppeling maakt nooit echt goed wat al fout is. Bijv. een slechte kwaliteit condensator of uitgangstransformator blijft hoorbaar.

We moeten bij dit alles bedenken dat een penthode, d.w.z. een buis met drie roosters, minder lineair is dan een triode en meer oneven harmonische vervorming oplevert. Een bijzondere penthode is de zgn. "beam-tetrode", de KT-66 resp. KT-88, die voor audio enigszins gunstiger is, echter duurder.

## OTL

Een geheel andere ontwikkeling is het vervolg op de transformatorloze zgn. "OTL" eindtrap en de "Moscode" schakeling. Bij de OTL-eindtrap gaat het om een schakeling, waarbij twee in serie geschakelde eindbuizen al dan niet via een elco direct de luidspreker aansturen. Daar de verkrijgbare eindbuizen maximaal 1,2 Ampere Anodestroom kunnen verdragen kan met zo'n schakeling een "moeilijke" luidspreker niet zonder meer aangestuurd worden. Een oplossing is dan om meerdere buizen parallel te schakelen, wat echter, gezien de daaruit volgende prijs voor de voeding en de buizen, heel duur wordt.

Een andere oplossing is om in de laatste versterkertrap, waar de luidsprekerstroom vandaan moet komen, Power Mosfet's toe te passen in plaats van buizen. Je hebt dan "The Best of Two Worlds", buizengeluid en voldoende stroom om ook de meest gecompliceerde luidspreker aan te sturen. Ook prijstechnisch is dat een aantrekkelijke oplossing.

## Bekende versterkers

### *Audio Research*

De meest geroemde versterkers zijn van "Audio Research". Vooral de (voorversterker-) modellen SP-9 en SP-11 worden wereldwijd geprezen om hun uitzonderlijke kwaliteiten.

Bij deze fabrikant werden bijzondere technieken ontwikkeld en de schakeling verschilt zeer van de meeste anderen. Hier is echt sprake van nieuwe schakeltechnieken.

### *Conrad Johnson*

Deze fabrikant gebruikt hoofdzakelijk eerder bekende schakelingen, die verbeterd zijn door de kwaliteit van moderne componenten (condensatoren). De goedkopere modellen voor- en eindversterkers klinken niet beter dan een goede (klasse-A) transistor schakeling. In de wat duurere modellen werd extra aandacht aan de voeding besteed en de koppelcondensatoren zijn overbrugd met een kleinere waarde waardoor het hoog schoner is.

### *Jadis*

Deze fabrikant schakelt in de eindtrap 2 x 5 buizen (KT-88) parallel, waardoor de primaire impedantie van de uitgangstransformator laag kan blijven en de transformatieverhouding laag. Daarmee is het probleem van de kwaliteit van de uitgangstransformator kleiner. Er wordt mee bereikt dat het vermogen vrij groot is en de bandbreedte en het faseverloop steken ook gunstig af in vergelijking met anderen.

## *Luxman*

Deze Japanse fabrikant maakte in de 60-er jaren mooie buizenversterkers, die nu opnieuw in productie genomen zijn. Hoewel de prijs niet onaanzienlijk is\* en de versterkers fraai afgewerkt zijn kunnen ze de vergelijking met de eerder genoemde fabrikaten niet doorstaan. Berichten luiden dat Luxman met verbeterde versies komt.

Een andere zaak zijn de types LV-103 en LV-105. Dat zijn een soort moscode schakelingen, waarbij de mosfets door een dubbeltriode gestuurd worden. De voorversterker is echter geheel met IC's en transistoren opgebouwd. Gezien de prijsstelling, zo rond fl. 2.000,-, zijn deze modellen concurrerend met transistor versterkers in dezelfde prijsklasse. Ze klinken in vergelijking goed op gemakkelijk aanstuurbare luidsprekers. Moeilijke luidsprekers met lage impedantie-punten worden niet goed aangestuurd.

Recent zijn er versterkers van Luxman op de markt die ook met de aanduiding "LV" beginnen, de zgn. "Brid-" serie. Daaronder zijn modellen met ingebouwde DA-converters waarmee digitale geluidsbronnen direct gedecodeerd kunnen worden. Deze modellen klinken erbarmelijk!

## *Beard*

Deze fabrikant maakt relatief goedkope buizenversterkers met bekende, en beproefde, schakelingen. Er wordt schermrooster tegenkoppeling toegepast (ultra-lineair). Dat verbloemt echter niet dat deze versterkers van een relatief goedkope uitgangstransformator voorzien zijn. Zowel in het hoog als in het laag klinken sommige transistor versterkers beter!

Naast de genoemde merken zijn er nog andere kleine fabrikanten die meer of minder mooie buizen versterkers maken. Het lijkt er op dat sommigen trendvolgers zijn, die slechts nabouwen wat al eerder of elders bedacht is.

Research is een kostbare en tijdverslindende zaak en men moet daarbij ook nog innovatief zijn. Gezien de betrekkelijk kleine markt voor deze producten is het ook niet erg lucratief om geld aan research te spenderen. De goed klinkende modellen komen van liefhebbers die jaren van hun leven in research gestoken hebben. Een (en misschien de enige) uitzondering is *Audio Research*.

We moeten ook bedenken dat de research op het gebied van transistor schakelingen veel intensiever is geweest en nog is. Alle grote fabrikanten hebben daar veel geld en mankracht in gestoken. De resultaten van dat onderzoek zijn door anderen gemakkelijk te kopiëren. Er zijn dan ook een veelheid aan relatief goedkope en goedklinkende transistor versterkers op de markt. Om die reden is het niet eenvoudig zo dat een buizenversterker altijd beter klinkt dan zijn transistor pedant. Wie er wat meer geld voor over heeft kan een heel goed klinkende transistor versterker kopen. Een goed of beter dan een transistor-schakeling klinkende buizenversterker is een uitzondering. De eerder genoemde voorwaarden zijn een absolute eis wil een buizenschakeling echt beter klinken.

## ZELFBOUW

De zelfbouw van buizenversterkers is (nog) niet erg gebruikelijk. Het Franse tijdschrift l'Audiophile was lange tijd de enige publikatie waarin hier serieus aandacht aan besteed werd. In dat blad werd uitvoerig het verschil tussen schakelingen en de toe te passen componenten besproken.

De best klinkende versterkers zijn volgens Jean Hiraga versterkers waarbij vermogens trioden gebruikt worden in de eindtrap. Helaas worden die buizen niet meer geproduceerd zodat dit voor zelfbouw niet in aanmerking komt. In Parijs wordt wel gedemonstreerd met een versterker waarin oude, direct verhitte (!), Westinghouse trioden zijn toegepast. In klasse-A natuurlijk.

Een onderzoek naar transformatoren leverde markante verschillen op. De mooiste transformatoren hebben helaas ook voor de doe-het-zelver een onaangenaam hoog prijskaartje. Een stereo eindtrap met dergelijke trafo's kost al gauw zo'n fl. 3.000,- of meer en dat lijkt voor een experiment, wat zelfbouw voor de meesten toch is, wat veel.

Ook in Nederlandse hobby-bladen zijn enkele ontwerpen gepubliceerd. Helaas blinken die niet uit door originaliteit.

Recent werd in *Radio Bulletin* een versterker beschreven met een ILP

ringkern transformator in de uitgang. Onze eigen metingen wezen uit dat deze transformatoren een beperkte bandbreedte hebben. Open loop kom je niet verder dan zo'n 16 kHz! Met tegenkoppeling valt daar wel wat aan te doen, maar het probleem blijft.

Daarbij moet gezegd dat uit het artikel blijkt dat de ontwerper het verschil in condensatoren niet hoort, wat op zijn zachtst gezegd merkwaardig is.

## ALTERNATIEVEN VOOR ZELFBOUW

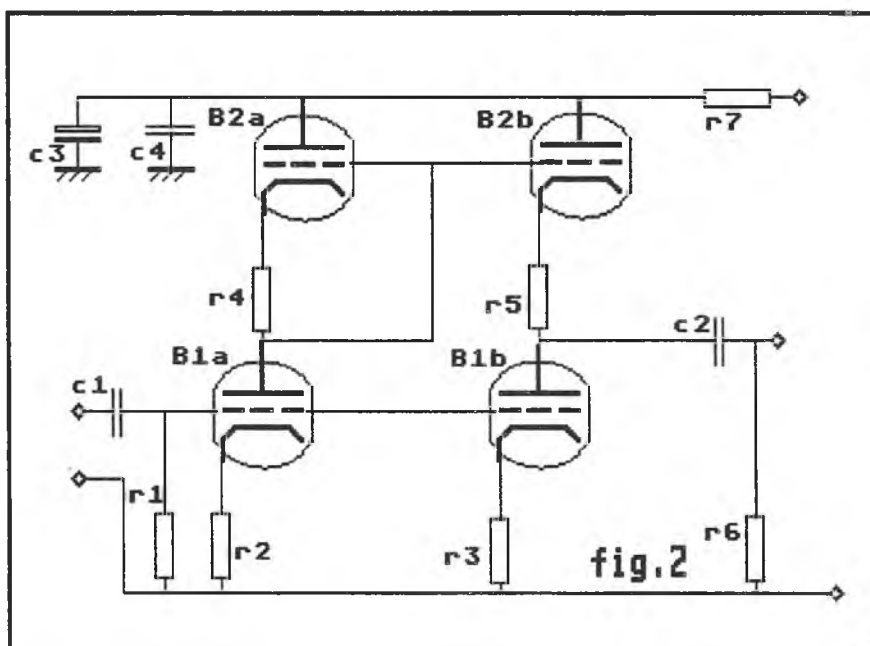
De laatste jaren hebben Peter van Willenswaard, Frits Savelkoul en ik ons verdiept in de mogelijkheden en eventuele voordelen van buizenversterkers. In dit eerste artikel wil ik een aanzet geven tot verdere experimenten en mijn eigen overwegingen op een rij krijgen. Een en ander leidt tot een definitief ontwerp wat in volgende afleveringen verder besproken wordt.

Mijn gedachtengang over dit onderwerp leidde tot de volgende overwegingen :

- een zelfbouwontwerp dient van excellente kwaliteit te zijn en zich te kunnen meten met gangbare (verkrijgbare) modellen.
- condensatoren in de signaalweg dienen zoveel mogelijk vermeden te worden en indien gebruikt van goede kwaliteit te zijn.
- een uitgangstransformator moet of heel goed zijn of vermeden worden.
- de eindversterker moet ook "moeilijke" luidsprekers aan kunnen.

We volgen nu stap-voor-stap de overwegingen voor het ontwerp van een eindversterker. In de eerste figuur zien we een variant op een oudere schakeling.

figuur 2. *Dubbele Cascade*

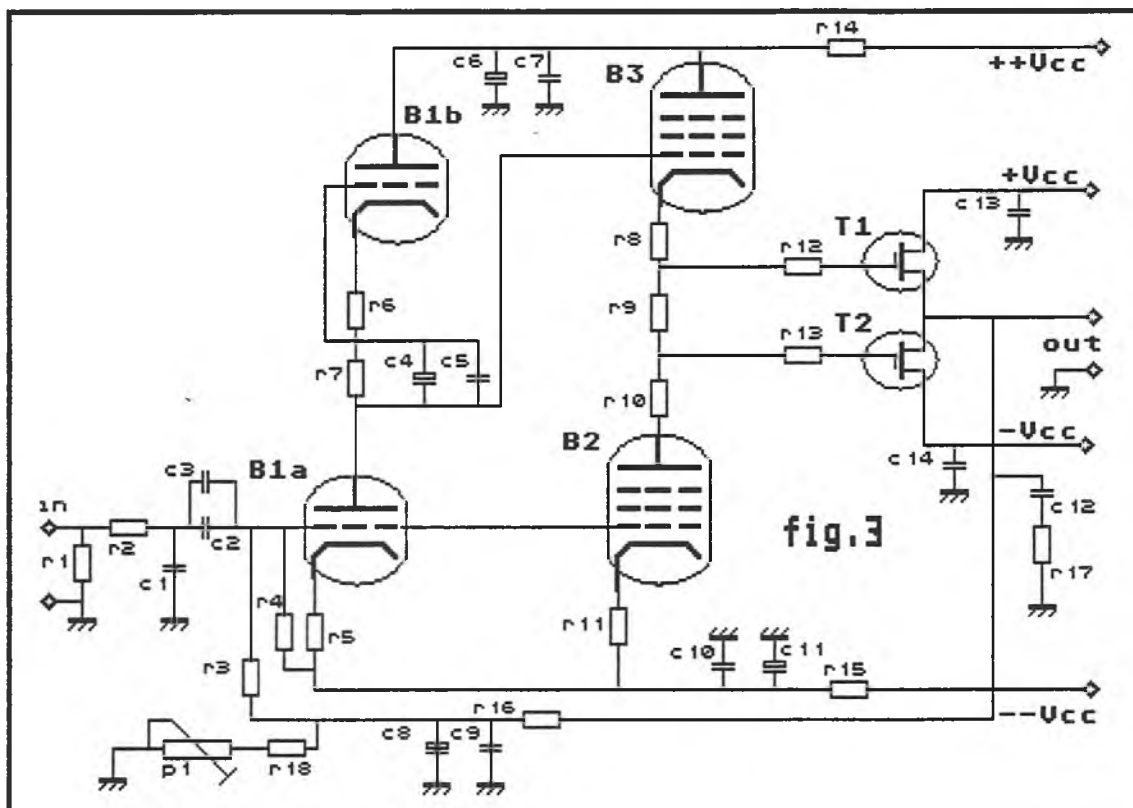


Al eerder werd een dubbel triode als "cascode" in serie geschakeld. Daarmee wordt terugwerking naar de ingang gedeels onderdrukt. De term "cascode" is eigenlijk niet juist. B1b vormt een stroombron voor B1a. Indien de weerstanden R4 en R2 een gelijke waarde hebben dan zal aan de onderzijde van R4 de halve voedingsspanning aanwezig zijn. Het

voordeel is dan dat de uitsturingmogelijkheid (zwaai) maximaal is. Indien we het signaal vanaf R4 bekijken dan zien we bovendien dat we daar een relatief lage impedantie hebben. Door de toevoeging van B1b en B2b ontstaat een versterker met bijzondere eigenschappen. De uitgangsimpedantie wordt zeer laag, de vervorming ook en we hebben een vrij grote spanningsversterking.

Met goed gekozen weerstandswaarden en bij een relatief lage voedingsspanning (vanaf 70 Volt afhankelijk van de gekozen buis) krijgen we een fraaie ingangsversterker voor de eindtrap. Een lage voedingsspanning heeft ook nog het voordeel dat de ruis laag is.

De volgende stap was dat we het liefst power mosfet's toepassen voor de eindtrap. Dergelijke transistoren kunnen grote stromen leveren in lage impedanties. De ingang (gate) heeft een hoge impedantie, wat echter deels teniet wordt gedaan door de ingangscapaciteit. Om ook snelle impulsen door te kunnen geven zal de voorgaande trap een relatief hoge stroom moeten kunnen leveren. Een andere kwestie is het bepalen van de DC-niveaus. We willen het liefst, in tegenstelling tot bekende moscode-schakelingen, de fet's direct koppelen met de luidspreker om een maximale controle over het luidsprekergedrag te verkrijgen. Dat nu betekent weer dat we voor de fet's een DC-conversie nodig hebben.

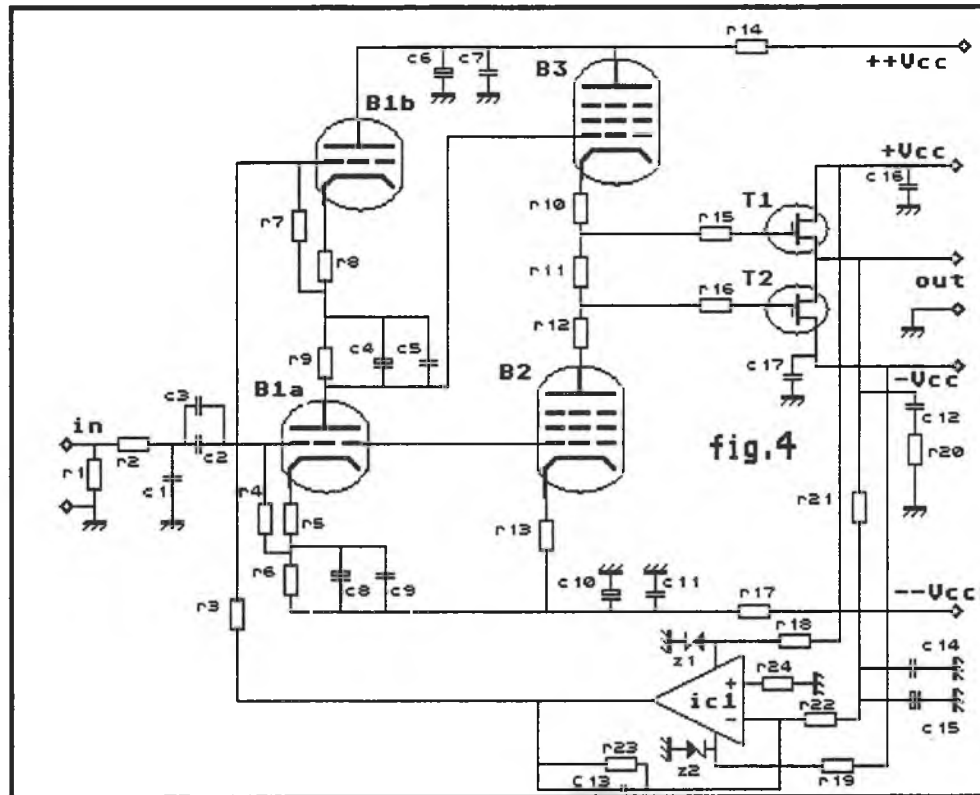


Figuur 3. DC-gekoppelde moscode-schakeling

De fet's worden gevoed uit een positieve en negatieve voedingsspanning en het ligt dan voor de hand om dat ook met de (ingangs-) buizen te doen. Vervolgens moeten we oppassen dat we geen offsetspanning op de luidspreker-aansluiting krijgen.

Het eerste experiment zien we in figuur 3. Na de eerste dubbeltriode volgt een trap met penthode eindbuizen (EL 84), die de fet's direct dus DC aanstuurt. De offset is af te regelen met P1. De schakeling werkt goed echter tijdens het opwarmen verloopt de offset. De versterkingsfaktor van de buizen is onvoldoende en op het moment van inschakelen versterken ze geheel niet. Daardoor zal bij het inschakelen een onbepaalde spanning op de luidsprekerklemmen aanwezig zijn. Je moet dus eerst de versterker laten opwarmen voordat de luidsprekers verbonden worden. Een volgende gedachte was om een relais in de uitgang te zetten, dat pas in komt nadat we zeker weten dat de offset klein is. Het grootste bezwaar, naast de benodigde extra elektronica, zijn de relaiskontakten. De kwaliteit van die kontakten bepaalt mede de geluidskwaliteit!

Een voordeel van de schakeling van figuur 3 is dat we slechts een koppelcondensator nodig hebben. Wel is het zo dat de ingangsbuis relateert aan de voeding en dat de afvlakking van die negatieve voedingsspanning (C10, C11) heel goed moet zijn.



figuur 4. Moscode schakeling met IC voor offsetregeling

Hierna werd geëxperimenteerd met een IC voor de DC-tegenkoppeling, zoals te zien is in figuur 4.

Ook deze schakeling verloopt tijdens het opwarmen. Wel is het zo dat de buizen keurig op het "midden" van de spanning worden afgeregeld, wat eventuele verouderingsverschijnselen elimineert.

Onze laatste experiment ziet U in figuur 5.

Zoals te zien is worden de fet's nu aangekoppeld via een condensator en het nulpunt met het IC afgeregeld. De ruststroom door de fet's wordt bepaald door de twee stroomspiegels. De schakeling is nog niet geheel klaar. We verwachten in een volgende aflevering de kant-en-klare en beproefde schakeling te

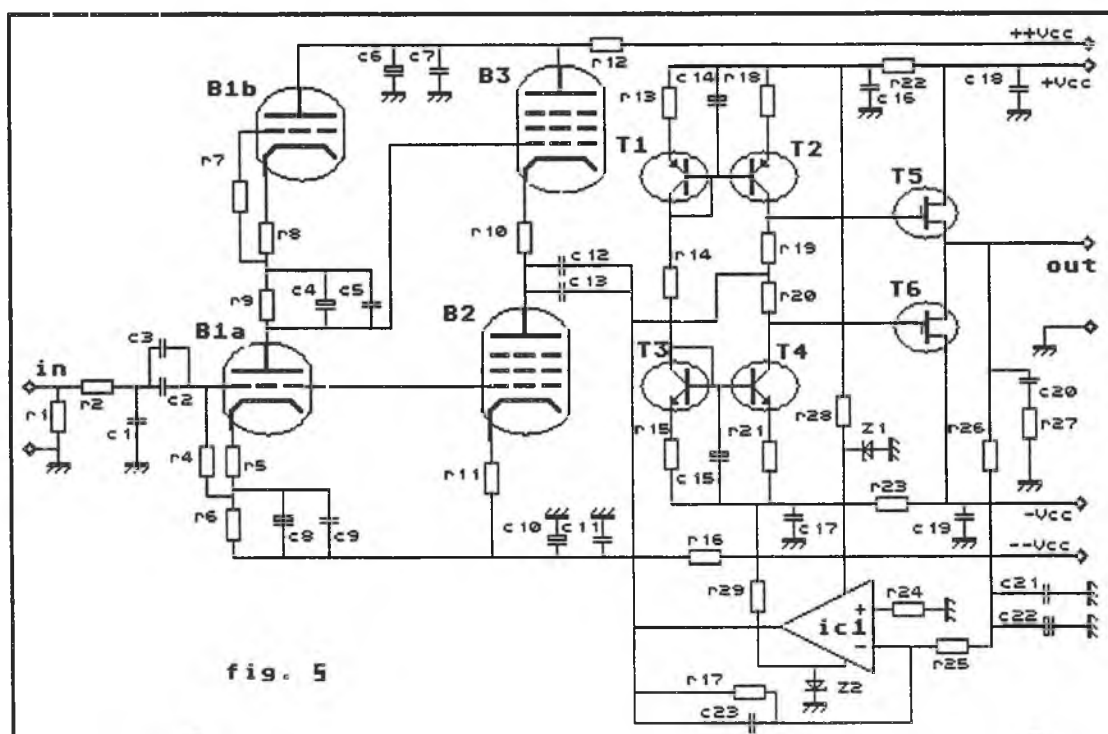
kunnen beschrijven. Wel kunnen we nu al zeggen dat het geheel veelbelovend klinkt.

### WAARSCHUWING

De tot nog toe beschreven schakelingen zijn experimenten en NIET gegarandeerd. U kunt verder experimenteren maar ook in dit geval geldt :

"Meten is Weten!", (Dokter Blan).

figuur 5. moscode-schakeling met IC voor offsetregeling en stroomspiegels voor de regeling van de ruststroom.







The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This not only helps in tracking expenses but also ensures compliance with tax regulations.

In the second section, the author provides a detailed breakdown of the company's revenue for the quarter. It includes a comparison between actual performance and the budgeted figures, highlighting areas where the company exceeded expectations and where it fell short.

The third section focuses on the company's financial health and liquidity. It analyzes the current cash flow and identifies potential risks that could impact the company's ability to meet its short-term obligations. Recommendations are provided to mitigate these risks and improve overall financial stability.

Finally, the document concludes with a summary of the key findings and a forward-looking statement. It expresses confidence in the company's ability to achieve its strategic goals in the coming year, provided that the management team continues to implement the recommended actions.